

### 12.3. Pienjännitekytkinlaitteet

ABB Control Oy:n tuotevalikoimaan kuuluvat seuraavat turvalliset, käyttövarmat ja helposti asennettavat laatutuotteet pienjännitteelle:

- kontaktorit, apureleet, aikareleet	A, EH, N ja OKYM,
- lämpöreleet	E , PATAM ja TA,
- moottorinsuojareleet	SPEM,
- moottorinsuojakytkimet	MS,
- pehmokäynnistimet	PSD, PSHD ja PSS,
- kuormankytkimet	OETL ja OT,
- kytkinvarokkeet	OESA ja OS,
- jonovarokeytkimet	OEPI ja OEPS,
- turvakytkimet	OT, OTL, OTP ja OTR,
- koteloidut kytkimet	OS, OT, OTL, OTP ja OTR,
- maadoituskytkimet	OETL,
- painonapit, merkkilamput,	
- varokealustat	OFAS ja OFAX,
- jonovarokeyalustat	OFASJ,
- sulakkeet (gG, aM)	OFAA ja OFAM,
- liittimet (Al / Cu), kosketussuojat	OZXB,
- pistorasiakotelot	OC_,
- pistokytkimet,	
- valokaarivartijat	TVOC,
- virtamuuntajat	KOR_,
- moottoriohjaimet	OEMO ja
- kolmannen yliaallon suodatin	THF

Esimerkkejä kojevalinnoista moottorilähtöihin on esitetty kojeitten valintataulukoissa. Sulakkeita on käsitelty lähemmin kohdassa 7.4.

### 12.3.1. Kontaktorit ja käynnistimet

IEC 60947-4-1

Taulukko 12.3a. Kontaktorien ja käynnistimien käyttöluokat.

Virtalaji	Käyttöluokat	Tyypilliset sovellukset
Vaihtosähkö	AC-1	Ei-induktiiviset tai lievästi induktiiviset kuormitukset, vastusuunit, sähkölämmitykset ja vedenlämmittimet
	AC-2	Liukurengasmootorit: käynnistys, pysäytys
	AC-3	Oikosulkumootorin käynnistys, pyörivän moottorin pysäytys (1)
	AC-4	Oikosulkumootorin tippakäynnistys (keskeytyvä käynnistys), suunnanvaihto ja vastavirtajarrutus
	AC-5 a	Purkauslamppujen kytkentä
	AC-5 b	Hehkulamppujen kytkentä
	AC-6 a	Muuntajien kytkentä
	AC-6 b	Kondensaattoriparistojen kytkentä
	AC-7 a	Lievästi induktiiviset kuormitukset kotitaloussähkölaitteissa ja vastaavissa sovellutuksissa
	AC-7 b	Moottorikuormitukset kotitalousovellutuksissa
Tasasähkö	DC-1	Ei-induktiiviset tai lievästi induktiiviset kuormitukset, vastusuunit
	DC-3	Sivuvirtamootorit: käynnistys, vastavirtajarrutus, nykäyskäyttö. Tasasähkömoottorien dynaaminen jarrutus
	DC-5	Sarjamootorit: käynnistys, vastavirtajarrutus, nykäyskäyttö. Tasasähkömoottorien dynaaminen jarrutus
	DC-6	Hehkulamppujen kytkentä

- (1) AC-3-luokkaa voidaan käyttää satunnaiseen nykäyskäyttöön tai vastavirtajarrutukseen rajoitettuina ajanjaksoina kuten koneen asennuksen yhteydessä; tällaisina rajoitettuina ajanjaksoina tällaisten toimintojen lukumäärä ei saisi ylittää viittä minuutissa eikä kymmentä kymmenen minuutin jaksossa.
- (2) Hermeettinen jäähdytysmoottorikompressorin on yhdistelmä, johon kuuluu kompressorin ja moottorin, jotka kumpikin on koteloitu samaan tilaan ilman ulkoisia akselivälisiä tai akselivälisiä ja moottori toimii jäähdytysaineessa.

Taulukko 12.3b. Kontaktorien ja käynnistimien sulkemis- ja katkaisukykyjä eri käyttöluokissa. Täydellinen taulukko löytyy IEC 60947 - 4 - 1 -standardista.

Luokka	Sulkemis - ja katkaisuehdot				
	$I_c / I_e$	$U_r / U_e$	$\cos \varphi$	Kiinniolo-aika ( s )	Kiinniolotoimintajaksojen lukumäärä
AC- 1	1,5	1,05	0,8	0,05	50
AC- 2	4,0 ( 4 )	1,05	0,65 ( 4 )	0,05	50
AC- 3 ( 5 )	8,0	1,05	( 1 )	0,05	50
AC- 4 ( 5 )	10,0	1,05	( 1 )	0,05	50
AC- 5 a	3,0	1,05	0,45	0,05	50
AC- 5 b	1,5 ( 2 )	1,05	( 2 )	0,05	50
AC- 6 a	Kysy lisätietoja valmistajalta				
AC- 6 b					
AC- 7 a	1,5	1,05	0,8	0,05	50
AC- 7 b	8,0	1,05	( 1 )	0,05	50
AC- 8 a	6,0	1,05	( 1 )	0,05	50
AC- 8 b	6,0	1,05	( 1 )	0,05	50
Luokka	Sulkemisehdot ( 5 )				
	$I / I_e$	$U / U_e$	$\cos \varphi$	Kiinniolo aika ( s )	Kiinniolo toimintajaksojen lukumäärä
AC-3	10	1,05 ( 3 )	( 1 )	0,05	50
AC-4	12	1,05 ( 3 )	( 1 )	0,05	50

$I$  = Suljettava virta.

$I_c$  = Suljettava ja katkaistava virta ilmaistuna tasavirran arvona tai vaihtovirran tehollisarvon symmetrisenä arvona.

$I_e$  = Mitoituskäyttövirta.

$U$  = Syöttöjännite.

$U_r$  = Käyttötaajuinen palaava jännite.

$U_e$  = Mitoituskäyttöjännite.

$\cos \varphi$  = Koepiirin tehokerroin.

( 1 )  $\cos \varphi$  on 0,45 kun  $I_e \leq 100$  A ja 0,35, kun  $I_e > 100$  A.

( 2 ) Kokeet tulee suorittaa hehkulamppukuormituksella.

( 3 )  $U/U_e$ :n suhteelle hyväksytään toleranssi  $\pm 20$  %

( 4 ) Esitetyt arvot koskevat staattorikontaktoreja.

( 5 ) Sulkemisehdot käyttöluokille AC - 3 ja AC - 4 tulee myös tarkastaa.

Taulukko 12.3c. Käynnistimien ja kontaktoreiden toiminnallisia suorituskykyjä. Täydellinen taulukko löytyy IEC 60947-4-1-standardista.

Luokka	Sulkemis- ja katkaisuehdot				
	$I_c / I_e$	$U_r / U_e$	$\cos \varphi$	Kiinniolo aika (s)	Kiinniolo toimintajaksojen lukumäärä
AC-1	1,0	1,05	0,80	0,05	6000
AC-2	2,0	1,05	0,65	0,05	6000
AC-3	2,0	1,05	(1)	0,05	6000
AC-4	6,0	1,05	(1)	0,05	6000
AC-5 a	2,0	1,05	0,45	0,05	6000
AC-5 b	1,0 (2)	1,05	(2)	0,05	6000
AC-7 a	1,0	1,05	0,80	0,05	30000
AC-7 b	(4)	(3)	(1)	0,05	30000
AC-8 a	1,0	1,05	0,80	0,05	30000
AC-8 b (5)	6,0	1,05	0,35	1	5900
				10	100

$I_c$  = Suljettava tai katkaistava virta.

$I_e$  = Mitoituskäyttövirta.

$U_r$  = Käyttötaajuinen tai tasajännitteinen palaava jännite.

$U_e$  = Mitoituskäyttöjännite.

(1)  $\cos \varphi$  on 0,45 kun  $I_e \leq 100$  A ja 0,35 kun  $I_e > 100$  A.

(2) Kokeet tulee suorittaa hehkulamppukuormituksella.

(3)  $U/U_e = 1$  sulkemiselle ja  $U_r/U_e = 0,17$  katkaisulle

(4)  $I/I_e = 6,0$  sulkemiselle ja  $I_c/I_e = 1,0$  katkaisulle.

(5) Luokalle AC-8 b tehtäviin kokeisiin tulee liittää myös luokan AC-8 a kokeet.

### 12.3.2. Apureleet, kontaktorien apukoskettimet

IEC 60947-5-1

Taulukko 12.3d. Kytkinelementtien käyttöluokat.

Virran tyyppi	Käyttöluokka	Tyypillisiä sovellutuksia
Vaihtovirta käyttäen optoeristystä	AC-12 AC-13 AC-14 AC-15	Resistiivisten ja jatkuvien kuormien ohjaus. Jatkuvien kuormien ohjaus muuntajaeristyksellä. Pienten sähkömagneettisten kuormien ohjaus ( $\leq 72$ VA). Sähkömagneettisten kuormien ohjaus ( $> 72$ VA).
Tasavirta	DC-12 DC-13 DC-14	Resistiivisten ja jatkuvien kuormien ohjaus käyttäen optoeristystä. Sähkömagneettien ohjaus. Sähkömagneettisten kuormien ohjaus, kun piirissä on säästövastuksia.

Taulukko 12.3e. Kytkinelementtien kytkentä- ja katkaisukykyvaatimukset. Täydellinen taulukko löytyy IEC 60947-5-1 standardista.

Käyttöluokka	Normaalit käyttöolosuhteet						Epänormaalit käyttöolosuhteet					
	Kytkeä			Katkaista			Kytkeä			Katkaista		
	$I/I_e$	$U/U_e$	$\cos \varphi$	$I/I_e$	$U/U_e$	$\cos \varphi$	$I/I_e$	$U/U_e$	$\cos \varphi$	$I/I_e$	$U/U_e$	$\cos \varphi$
AC-12	1	1	0,9	1	1	0,9						
AC-13 (1)(2)	2	1	0,65	1	1	0,65	10	1,1	0,65	1,1	1,1	0,65
AC-14 (1)	6	1	0,3	1	1	0,3	6	1,1	0,7	6	1,1	0,7
AC-15 (1)	10	1	0,3	1	1	0,3	10	1,1	0,3	10	1,1	0,3
	$I/I_e$	$U/U_e$	$T_{0,95}$	$I/I_e$	$U/U_e$	$T_{0,95}$	$I/I_e$	$U/U_e$	$T_{0,95}$	$I/I_e$	$U/U_e$	$T_{0,95}$
DC-12	1	1	1 ms	1	1	1 ms						
DC-13 (1)	1	1	6 P	1	1	6 P	1,1	1,1	6 P	1,1	1,1	6 P
DC-14 (2)	10	1	15 ms	1	1	15 ms	10	1,1	15 ms	10	1,1	15 ms

$I$  =kytkettävä tai katkaistava virta

$I_e$  =nimellinen käyttövirta

$U$  =jännite ennen kytkentää

$U_e$  =nimellinen käyttöjännite

$T_{0,95}$  =aika [ ms ], jossa saavutetaan 95% jatkuvan tilan virrasta

$P$  = $U_e I_e$  [ W ] = jatkuvan tilan tehon kulutus

$P_{max}$  =50 W ,  $T \leq 300$  ms

- (1) Milloin katkaisuvirran arvo eroaa kytkentävirran arvosta, päälläoloaika viittaa kytkentävirtaan, jonka jälkeen virta on alennettu katkaisuvirran arvoon sopivaksi ajanjaksoksi, esim. 0,05 sekunniksi ( normaalit käyttöolosuhteet ).
- (2) Koskettimittomilla kytkinlaitteilla tulisi käyttää valmistajan määrittelemää ylikuormitussuojalaitetta epänormaalien olosuhteiden toteamiseksi ( epänormaalit käyttöolosuhteet )

### 12.3.3. Kuormankytkimet, kytkinvarokkeet ja varokeykimet

IEC 60947-3

Taulukko 12.3f. Käyttöluokat.

Virtalaji	Käyttöluokat		Tyypillinen käyttö
	Usein tapahtuva toiminta	Harvoin tapahtuva toiminta	
Vaihto sähkö	AC- 20 A AC- 21 A AC- 22 A  AC- 23 A	AC- 20 B AC- 21 B AC- 22 B  AC- 23 B	Virraton kytkentä ja katkaisu ( erotinkäyttö ) Resistiivisen kuorman kytkentä ja katkaisu Resistiivisten ja induktiivisten sekakuormitusten kytkeminen Moottorikuormitusten kytkentä ja katkaisu ( AC3 )
Tasa sähkö	DC- 20 A DC- 21 A DC- 22 A  DC- 23 A	DC- 20 B DC- 21 B DC- 22 B  DC- 23 B	Virraton kytkentä ja katkaisu Resistiivisen kuorman kytkentä ja katkaisu Lievästi induktiivisen kuorman kytkentä ja katkaisu Induktiivisen kuorman kytkentä ja katkaisu ( esim. sarjamootorit )

Kytkimeltä vaadittavia ominaisuuksia erotinkäytössä:

- avausvälin jännitekestoisuus
  - syöksyjännitteellä 12,3 kV ja
  - vaihtojännitteellä 8,7 kV,
- kytkimen vuotovirrat uutena korkeintaan 0,5 mA ja käytettynä 2,0 mA sekä
- luotettava asennonosoitus myös ääritilanteissa.

Luotettavan turvallisuuden takaamiseksi on turvakytkimissä yms. käytettävä kytkimiä, jotka täyttävät erotinkäytön vaatimukset.

ABB Control Oy:n kytkimet ovat mitoitettuja käyttöluokan A mukaan ja soveltuvat erotinkäyttöön.

Taulukko 12.3g. Sulkemis- ja katkaisuehdot eri käyttöluokissa IEC 60947-3 mukaisesti.

Käyttöluokka	Mitoitus- käyttövirta	Sulkemisehdot			Katkaisuehdot			Toiminta- jaksojen lu- kumäärä
		$I/I_e$	$U/U_e$	$\cos \varphi$	$I/I_e$	$U_r/U_e$	$\cos \varphi$	
AC-20_, -A,-B	Kaikki arvot	-	-	-	-	-	-	-
AC-21_, -A,-B	"	1,5	1,05	0,95	1,5	1,05	0,95	5
AC-22_, -A,-B	"	3	1,05	0,65	3	1,05	0,65	5
AC-23_, -A,-B	$0 < I_e \leq 100 \text{ A}$	10	1,05	0,45	8	1,05	0,45	5
	$I_e > 100 \text{ A}$	10	1,05	0,35	8	1,05	0,35	3
Käyttöluokka	Mitoituskäyt- tövirta	$I/I_e$	$U/U_e$	$L/R$ (ms)	$I_c/I_e$	$U_r/U_e$	$L/R$ (ms)	Toiminta- jaksojen lu- kumäärä
DC-20_, -A,-B	Kaikki arvot	-	-	-	-	-	-	-
DC-21_, -A,-B	"	1,5	1,05	1	1,5	1,05	1	5
DC-22_, -A,-B	"	4	1,05	2,5	4	1,05	2,5	5
DC-23_, -A,-B	"	4	1,05	15	4	1,05	15	5

$I$  = Suljettava virta, joka on tasavirran tai symmetrisen vaihtovirran tehollisarvo.

$I_c$  = Katkaistava virta.

$I_e$  = Mitoituskäyttövirta.

$U$  = Syöttöjännite.

$U_e$  = Mitoituskäyttöjännite.

$U_r$  = Käyttötaajuinen tai tasajännitteinen palaava jännite.

Taulukko 12.3h. IEC 60947-3 vaatimukset kytkimen mekaaniselle iälle.

Mitoituskäyttö virta $I_e$	Toiminta- jaksojen lu- kumäärä tuntia kohti	Toimintajaksojen lukumäärä					
		A-käyttöluokka AC ja DC			B-käyttöluokka AC ja DC		
		virra- ton	virral- linen	yht.	virra- ton	virral- linen	yht.
$0 < I_e \leq 100$	120	8500	1500	10000	1700	300	2000
$100 < I_e \leq 315$	120	7000	1000	8000	1400	200	1600
$315 < I_e \leq 630$	60	4000	1000	5000	800	200	1000
$630 < I_e \leq 2500$	20	2500	500	3000	500	100	600
$2500 < I_e$	10	1500	500	2000	300	100	400

Taulukkoa 12.3j. IEC 60947-3 mukaiset koeolosuhteet tutkittaessa kytkimen sähköistä elinikää.

Käyttöluokka	Mitoitus- käyttövirta $I_e$	Katkaisu			Sulkeminen		
		$I/I_e$	$U/U_e$	$\cos \varphi$	$I_c/I_e$	$U_r/U_e$	$\cos \varphi$
AC-21 A AC-21 B	Kaikki arvot	1	1	0,95	1	1	0,95
AC-22 A AC-22 B	"	1	1	0,8	1	1	0,8
AC-23 A AC-23 B	"	1	1	0,65	1	1	0,65
		$I/I_e$	$U/U_e$	$L/R$ (ms)	$I_c/I_e$	$U_r/U_e$	$L/R$ (ms)
DC-21 A DC-21 B	Kaikki arvot	1	1	1	1	1	1
DC-22 A DC-22 B	"	1	1	2	1	1	2
DC-23 A DC-23 B	"	1	1	7,5	1	1	7,5

$I$  = Suljettava virta, joka on tasavirran tai symmetrisen vaihtovirran tehollisarvo

$I_c$  = Katkaistava virta

$I_e$  = Mitoituskäyttövirta

$U$  = Syöttöjännite

$U_e$  = Mitoituskäyttöjännite

$U_r$  = Käyttötaajuinen tai tasajännitteinen palaava jännite

#### 12.3.4. Yleisliittimet Al- ja Cu-johtimia varten

Alumiinijohtimia käytettäessä on käytettävä tähän tarkoitukseen soveltuvia liittimiä. Liittimien valinnassa otettava huomioon seuraavat seikat:

- johtimien kuormitus- ja oikosulkulämpötilat,
- johtimien materiaali ja poikkipinta,
- korroosio ja
- käytettävissä olevat työkalut.

Liittimien jako käyttötarkoituksen mukaan :

- T1 Liittimet, jotka on tarkoitettu johtimille enintään 80 °C käyttölämpötilassa ja oikosulussa enintään 180 °C loppulämpötilassa
- T2 Liittimet, jotka on tarkoitettu johtimille yli 80 °C käyttölämpötilassa ja oikosulussa enintään 250 °C loppulämpötilassa

Alumiinijohtimet saa liittää vain sellaisiin liittimiin, joissa on johdinmetallin merkintä Al tai Alu.

Merkintää Al käytetään alumiini-, seosalumiini- ja teräsalumiinijohtimien liitännän tarkoitetuissa liittimissä ja merkintää Alu yksinomaan alumiinijohdoille tarkoitetuissa liittimissä.

Kuparijohtimille tarkoitetut liittimet eivät sovellu alumiinijohtimien liittämiseen. Myöskään alumiinijohtimille tarkoitetut liittimet eivät yleisesti sovellu kuparijohtimien liittämiseen, ellei niitä ole tähän käyttötarkoitukseen erikseen hyväksytty (merkintä Cu).

Alumiinijohtimia liitettäessä on korroosion syntyminen estettävä (kosteat ja märät tilat). Puristusliittimien yhteydessä on käytettävä liitinvalmistajan liittimille tarkoittamaa



puristusvälinettä ja siihen kuuluvaa leukaa. Eri liitinvalmistajien liittimien ja puristus-työkalujen sopivuus käytettäväksi toistensa kanssa on todettava erillisellä kokeella .

Tilastojen mukaan sähköisissä piireissä tapahtuvista vikatilanteista n. 20% aiheutuu huonoista kaapeliliitoksista.

ABB Control Oy:n OZXB\_ liittimet soveltuvat sekä alumiini- että kuparijohtimien liittämiseen ja liitostyön voi suorittaa ilman erikoistyökaluja. Rakenne on suunniteltu vaativiin olosuhteisiin ja se on korroosiota kestävä. Liitimen lämpöluokka on T2 ja liitoksen kunto on helppo tarkastaa. Saatavissa on erityyppisiä liitinnratkaisuja ja lisäksi koko sarjalle on lisävarusteena hankittavissa kosketussuojaus luokkaan IP 20.

### 12.3.5. Sulakkeeton suojausjärjestelmä

Erilaisia käyttötapauksia varten on 3 suoja-automaattityyppiä. V. 1987 ilmestyneessä standardissa IEC 60898 vanhat tyypit on korvattu uusilla tyypeillä B, C ja D.

Taulukko 12.3k. Pikalaukaisun standardialueet.

Tyyppi	Alue
B	Yli $3 I_n$ , enintään $5 I_n$
C	Yli $5 I_n$ , enintään $10 I_n$
D	Yli $10 I_n$ , enintään $20 I_n$

Taulukkoa 12.3l. Aika-virtatoimintaominaisuudet.

Koe	Tyyppi	Koeverta	Alkutila	Laukaisurajat tai sieto-aika	Vaadittavat tulokset	Huomautuksia
a	B,C,D	$1,13 I_n$	Kylmä *)	$t \geq 1 \text{ h}$ (kun $I_n \leq 63 \text{ A}$ ) $t \geq 2 \text{ h}$ (kun $I_n > 63 \text{ A}$ )	ei laukaisua	
b	B,C,D	$1,45 I_n$	Heti kokeen jälkeen	$t < 1 \text{ h}$ (kun $I_n \leq 63 \text{ A}$ ) $t < 2 \text{ h}$ (kun $I_n > 63 \text{ A}$ )	laukaisu	Virtaa kasvatetaan tasaisesti 5 s aikana
c	B,C, D	$2,55 I_n$	Kylmä *)	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ ( $I_n \leq 32 \text{ A}$ ) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ ( $I_n > 32 \text{ A}$ )	laukaisu	
d	B C D	$3 I_n$ $5 I_n$ $10 I_n$	Kylmä *)	$t \geq 0,1 \text{ s}$	ei laukaisua	Virta aikaansaadetaan sulkemalla apukytin
e	B C D	$5 I_n$ $10 I_n$ $20 I_n$	Kylmä *)	$t < 0,1 \text{ s}$		Virta aikaansaadetaan sulkemalla apukytin

\*Termi "kylmä" tarkoittaa ilman edeltävää kuormitusta referenssikäläbrointilämpötilassa.

Taulukko 12.3m. Sallitut  $I^2t$ :n (läpipäästö) arvot nimellisvirraltaan enintään 16 A katkaisijoilla.

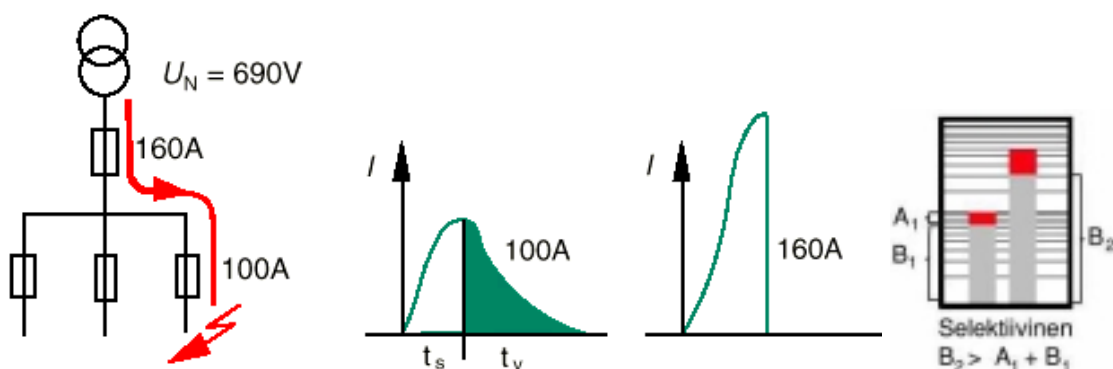
Oikosulun nimelliskatkaisukyky (A)	Energiarajaluokat				
	1	2		3	
	$I^2t_{\max}$ (A <sup>2</sup> s)	$I^2t_{\max}$ (A <sup>2</sup> s)		$I^2t_{\max}$ (A <sup>2</sup> s)	
	B-tyyppi ja C-tyyppi	B-tyyppi	C-tyyppi	B-tyyppi	C-tyyppi
3000	ei määrättyä raja-arvoa	31000	37000	15000	18000
6000		100000	120000	35000	42000
10000		240000	290000	70000	84000

Taulukko 12.3n. Sallitut  $I^2t$ :n (läpipäästö) arvot nimellisvirraltaan yli 16 A ja enintään 32 A katkaisijoilla.

Oikosulun nimelliskatkaisukyky (A)	Energiarajaluokat				
	1	2		3	
	$I^2t_{\max}$ (A <sup>2</sup> s)	$I^2t_{\max}$ (A <sup>2</sup> s)		$I^2t_{\max}$ (A <sup>2</sup> s)	
	B- tyyppi ja C- tyyppi	B- tyyppi	C- tyyppi	B- tyyppi	C- tyyppi
3000	ei määrättyä raja-arvoa	40000	50000	18000	22000
6000		130000	160000	45000	55000
10000		310000	370000	90000	110000

### 12.3.6. Selektiivisyys

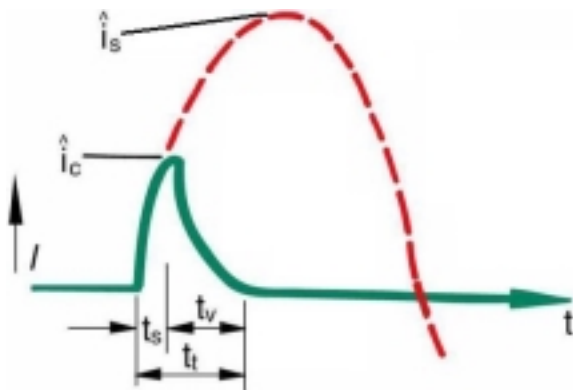
Vikatilanteessa on verkosta pystyttävä erottamaan niin pieni osa kuin vain on mahdollista. Käytännössä tämä tarkoittaa vian rajoittamista pienelle alueelle, jolloin muu osa verkosta toimii normaalisti. Suojauksen on kuitenkin toimittava siten, että se sallii normaalit käytössä esiintyvät ylivirrat.



KUVA 12.3a. Selektiivisyyssehdon esimerkkikuva.

Selektiivisyyssehto toteutuu esimerkkikuvien 12.3a mukaisesti, syötön puolella olevan 160 A sulakkeen sulamisaikaa vastaavan  $I^2t$  -arvon tulee olla suurempi kuin kuorman

puolella olevan 100 A sulakkeen kokonaistoiminta-aikaa vastaavan  $I^2t$  -arvon. Eli kuvan mukaisesti  $B_2 > A_1 + B_1$ . Kokonaistoiminta - aika = sulamisaika + valokaariaika.



$t_s$  = sulakeliuskan sulamisaika

$t_v$  = valokaariaika

$t_t$  = kokonaistoiminta-aika

$\hat{i}_s$  = rajoittamaton virran huippuarvo

$\hat{i}_c$  = sulakkeen rajoittaman virran huippuarvo

$I$  = virta

$t$  = aika

KUVA 12.3b. Sulakkeen toiminta-ajat.

$I^2t$  -arvot lasketaan sulamis- ja toiminta-aikojen perusteella seuraavien integraalien avulla, joka on virran neliön integraali ajan suhteen.

Sulamis-  $I^2t$  laskentakaava:

$$I^2t_{sul} = \int_0^{t_s} I^2 dt$$

Kokonais-  $I^2t$  laskentakaava:

$$I^2t_{kok} = \int_0^{t_t} I^2 dt$$

Tavallisesti käytettävät suojalaitteet ovat:

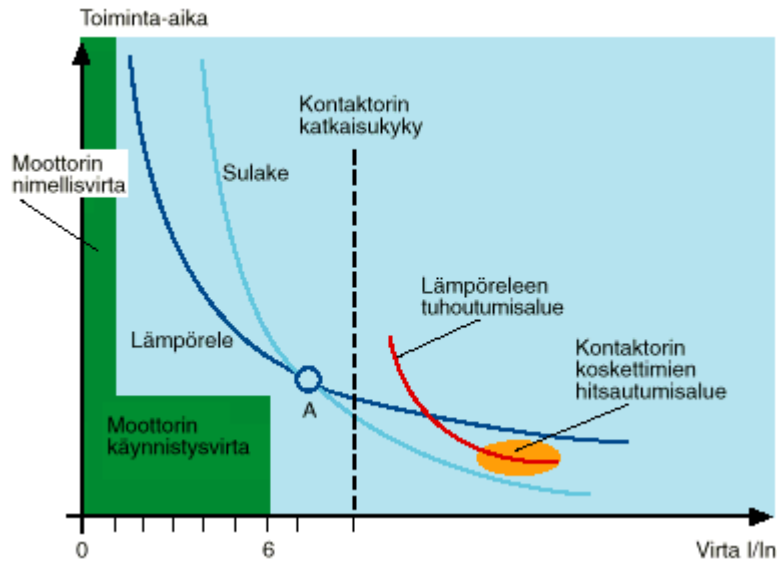
- sarjassa olevat sulakkeet,
- sulake ja lämpörele sarjassa,
- sulake ja katkaisija sarjassa,
- pienjännitesulake ja suurjännitesulake tai -katkaisija sarjassa ja
- katkaisijat sarjassa.

### Sulakkeet sarjassa

Sulakkeiden keskinäinen selektiivisyys riippuu vikavirran suuruudesta. Yleensä riittää yhden tai kahden virtaportaan ero sarjassa oleville sulakkeille. Asiaa voidaan tarkastella myös sulamisaikakäyrien perusteella. Sulakkeet ovat selektiivisiä, kun niiden sulamisaikakäyrät eroavat toisistaan. Koska käyrät yleensä ovat keskimääräisiä, on sulamisajoilla hajonnan takia oltava riittävä ero. Kuvan 7.4a sulamisaikakäyrästä nähdään, että esim. 200 A ja 250 A sulakkeilla on virralla 1200 A sulamisajoissa eroa  $\approx 2,5$  s, mutta virralla 6000 A vain 0,005 s. Varsinkin suurilla oikosulkuvirroilla on arvioon otettava mukaan myös valokaariaika. Pylväskuvassa 12.3b tummempi osa pylvästä kuvaa valokaariaikaa, kun taas vaalea osa vastaa sulamisaikaa. Yleisesti voidaan todeta, että kaksi sulaketta (gG) ovat selektiivisiä keskenään, mikäli niiden nimellisvirtojen suhde on vähintään 1,6:1. Kerroin on riippumaton valmistajasta.

## Sulake ja lämpörele sarjassa

Sulake ja lämpörele ovat tavallisesti samassa ryhmäjohdossa Sulakkeen tehtävänä on suojata piiri sellaisilla virroilla, joilla lämpörele ei ole riittävän nopea. Käytännössä tämä raja on suuruusluokkaa 10 kertaa releen nimellisvirta. Sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta on merkitty releen arvokilpeen.



KUVA 12.3c. Moottorin ylivirtasuojaus.

## Sulake ja katkaisija sarjassa

Sulakkeet ovat yleensä katkaisijan takana (ryhmäsulakkeet). Katkaisijan terminen laukaisija asetellaan tavallisesti arvoon , joka on huomattavasti ryhmäsulakkeen nimellisvirtaa suurempi. Selektiivisyys pienillä ylivirroilla on näin ollen varmaa.

Suuremmilla oikosulkuvirroilla toimii katkaisijan pikalaukaisija. Katkaisijan toiminta on tavallisesti selektiivistä, jos pikalaukaisija on aseteltu sellaiselle virralle, jolla suurimman ryhmäsulakkeen sulamisaika on korkeintaan 30 ms. Esim. jos katkaisijan takana on suurin ryhmäsulake 400 A (OFAA), on pikalaukaisija aseteltava virralle n. 8 kA.

## Pienjännitesulake ja suurjännitesulake tai katkaisija sarjassa

Kun muuntaja on kytketty maasta erotettuun keskijänniteverkkoon, on alajännitepuolen ja yläjännitepuolen sulakkeiden toiminta selektiivistä, jos ne valitaan taulukon 12.3o mukaan. Yläjännitepuolen sulakkeen valinnassa on lisäksi huomioitava muuntajan kytkentävirtasysäys.

Yläjännitepuolen katkaisijan toiminta on selektiivistä pienjännitesulakkeen kanssa, jos pikalaukaisijan havahtumisvirta on 2-3 kertaa taulukossa mainittu suurjännitesulakkeen nimellisvirta.

Taulukko 12.3o. OFAA- ja OFCM-sulakkeiden välinen selektiivisyys.

Suurjännitesulake OFCM	Suurin mahdollinen OFAA-sulake	
	Muuntajan yljännite	
	10 kV	20kV
10 A	100 A	160 A
16 A	125 A	200 A
25 A	200 A	315
40 A	315 A	500 A
63 A	500 A	630 A

### Katkaisijat sarjassa

Ilmakatkaisijan ja kompaktikatkaisijan ollessa sarjassa pystytään katkaisijat valitsemaan siten, että ne toimivat selektiivisesti. Pelkkien kompaktikatkaisijoiden ollessa sarjassa selektiivisyys onnistuu vain sellaisissa poikkeustapauksissa, missä oikosulkuvirrat ovat pieniä, mikä merkitsee sitä, että normaaleissa teollisuusolosuhteissa ei selektiivisyyttä saavuteta.

### 12.3.7. Teollisuuskäyttöjen kojevalinnat

ABB Control Oy panostaa jatkuvasti luotettavaan teollisuuden peruskomponentteihin. Turvallisuus ja luotettava toiminta ovat keskeisiä lähtökohtia komponenttien tuotekehitykselle, jota teemme kiinteässä yhteistyössä asiakkaidemme kanssa.

Teollisuuskäyttöjen kojevalinnan helpottamiseksi on tässä yhteydessä esitetty osa ABB Control Oy:n ylläpitämistä komponenttien valintataulukoista moottorikäyttöille, joissa tarvitaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojausta sekä erotustoimintoja.

Taulukkojen kojevalinnat perustuvat ABB:n LOVAG (\*-laboratorioissa suoritettujen kokeiden tuloksiin ja kattavat nimellisjännitteet 400V ja 690V sekä oikosulkuvirran aina 50 kA:iin asti.

Oikosulkusuojaus on taulukoissa toteutettu OFAM-sulakkeilla. Koska aM-sulakkeiden nimenomainen käyttötarkoitus on moottorikäyttöjen oikosulkusuojaus, saavutetaan niillä kustannustehokkain kokonaisvalinta.

Ylikuormitussuojaus on toteutettu luotettavilla TA-lämpöreleillä.

Taulukkojen käynnistimien kojeet on valittu IEC 60947-4-1 ( EN 60947-4-1 ) standardin koordinaatiotyypin 2 mukaan, jolloin oikosulkutilanteessa ainoa riski on kontaktorin koskettimien lievä hitsaantuminen. Koskettimet voidaan helposti irroittaa sähköisellä ohjauksella tai käyttämällä tarkoitukseen sopivaa työkalua, jolloin uudelleenkäynnistys on mahdollinen heti välttämättömien tarkastuksien ja sulakkeiden vaihdon jälkeen.

Vaadittujen erotustoimintojen saavuttamiseksi tarvitaan IEC 60947-3 ( EN 60947-3 ) standardin mukaiset turvalliset OS / OESA-kytkinvarokkeet ja OT-turvakytkimet.

\* ) LOVAG = Low Voltage Agreement Group

### 12.3.8. Lämpöreleet

Moottorin virta johdetaan releestä läpi vastuksen, joka lämmittää kaksoismetalliliuskaa eli bimetalliliuskaa. Lämmön vaikutuksesta liuska taipuu. Kun virta ylittää asetellun arvon, taipuu kaksoismetalliliuska niin paljon, että sen ohjaama kosketin toimii. Kontaktori, joka saa kelavirtansa releen koskettimien kautta, avautuu. Lämpöreleet suunnitellaan standardin IEC 60947-4-1 mukaan. Releen on toimittava 20 °C ympäristön lämpötilassa seuraavasti:

Taulukko 12.3p. Lämpöreleen laukaisuaajat IEC 60947-4-1 mukaan.

Laukaisuluokka	Laukaisuaika $T_p$ [ s ]
10 A	$2 < T_p \leq 10$
10	$4 < T_p \leq 10$
20	$6 < T_p \leq 20$
30	$9 < T_p \leq 30$

ABB:n lämpöreleet ovat mitoitettuja luokan 10 A mukaan.

Releiden ominaisuuksia:

Kuormitusvirta	Laukaisuaika
1,5 x asetteluvirta ( käyttölämmin rele )	maks. 120 s
7,2 x asetteluvirta ( kylmä rele )	2...10 s
1,05 x asetteluvirta	ei laukaisua

Standardit eivät määrää täysin tarkkaa laukaisuaikaa, vaan eräitä rajoja. Tarkemmin releen toiminta selviää valmistajan ilmoittamista käyristä.

Jos moottorin nimellisvirta sattuu kahden relealueen rajalle, on edullista valita näistä virtaalueeltaan pienempi rele. Bi-metallien taipumat ovat tällöin suurempia ja toimintatarkkuus parempi.

Perusasetteluvirraksi otetaan usein moottorin nimellisvirta. Jos halutaan olla varovaisia, asetellaan rele kuormitusvirran mukaan. Turhien laukaisujen välttämiseksi on vielä otettava huomioon moottorin ja releen ympäristön lämpötilat sekä niiden keskinäinen ero. Kotelossa, johon rele on sijoitettu, on usein lämpötila + 50 °C moottorin ympäristön lämpötilan ollessa huomattavasti pienempi. Ellei rele ole lämpötilakompensoitu se laukaisee liian nopeasti. Releen asetusta on tällöin muutettava. Virta-asetusta ei pidä korjata moottorin nimellisvirtaa suuremmaksi ennen kuin on luotettavasti todettu esim. ampeerimittarilla, että moottori ei todellakaan ota ylivirtaa, vaan releen laukaisu johtuu esim. releen ympärillä olevan ilman liian korkeasta lämpötilasta.

On muistettava, että bimetallirele jäähtyy huomattavasti nopeammin kuin moottori. Rele sallii käynnistykset niin lyhyin väliajoin, että moottorin lämpötila saattaa nousta vaarallisen korkeaksi. Tässä tilanteessa elektroninen lämpörele on parempi.

## Elektroninen lämpörele

Elektronisen lämpöreleen laukaisukäyrä bimetallireleeseen verrattuna on erittäin tarkka. Elektroninen lämpörele säilyttää tarkkuutensa myös korkeissa lämpötiloissa ja niiden asettelualue on laajempi kuin bimetallireleiden. Elektronisissa lämpöreleissä laukaisuluokka 10, 20 tai 30 voidaan eräissä malleissa valita valintakytkimellä suoraan releen etupaneelista.

## Releen tarkistus

Tarvittaessa releen toiminnan tarkastaminen käyttöpaikalla voidaan tehdä valmistajan ohjeiden mukaan.

TAULUKKO 12.3q. Suojauskomponentit moottorilähtöjen eri suojauskohteisiin.

Suojauskohde	Lämpörele PATAM, T	Termistori	Elektroninen rele SPEM	Elektroninen lämpörele
Ylikuorma	⊗	⊗	⊗	⊗
Pitkä käynnistys ja jarrutusaika	○	⊗	⊗	⊗
Vaihteleva ylikuorma	-	⊗	⊗	⊗
Suuri käynnistystiheys	-	⊗	⊗	⊗
Jäähdytyksen estyminen	-	⊗	-	-
Käynnistys jumitilanteesta	⊗	-	⊗	⊗

⊗ = täydellinen suojaus

○ = suojaus saavutetaan osittain

- = suojausta ei saavuteta

## 12.3.9. Kojeiden oikosulkulujuus

Taulukko 12.3r. Muutamien tavallisimpien kytkinlaitteiden tyypillisiä oikosulkukestoisuuksia.

Koje	Oikosulkukestoisuus kA
Tulppavaroke	20
Johdonsuojakytkin	4...12
Kuormankytkin + etusulake	100
Jonovarokekytkin	50
Kytkinvaroke	100
Kahvavaroke	100

MOOTTORIT ABB					KESKUKSEN KOJEET					KAAPELI			2) 3) TURVAKYTKIN						
P kW	In A 400V 50Hz				3) KONTAKTORI TYYPPI	TYYPPI	LÄMPÖRELE				3) KYTKIN- VAROKE	SULAKE OFA_ A	3) MCMK	3) AMCMK * AXCMK	1) M	1	2		
	750 r/min	1000 r/min	1500 r/min	3000 r/min			750 r/m	1000 r/m	1500 r/m	3000 r/m									
0,09	0,53	-	-	-	A9	TA25DU	0,4-0,63	-	-	-	OS32	2gG	3X1,5+1,5						
0,12	0,63	0,59	-	-			0,4-0,63	0,4-0,63	-	-							2gG		
0,18	0,90	0,75	0,72	-			0,63-1,0	0,63-1,0	0,63-1,0	-							2gG		
0,25	1,18	0,92	0,83	0,70			1,0-1,4	0,63-1,0	0,63-1,0	0,63-1,0							4gG		
0,37	1,60	1,25	1,12	0,93			1,3-1,8	1,0-1,4	1,0-1,4	0,63-1,0							4gG		
0,55	2,4	1,78	1,45	1,33			1,7-2,4	1,3-1,8	1,3-1,8	1,0-1,4							4gG		
0,75	2,7	2,4	1,90	1,70			2,2-3,1	1,7-2,4	1,7-2,4	1,3-1,8							6gG		
1,1	3,4	3,3	2,6	2,4			2,8-4,0	2,8-4,0	2,2-3,1	2,2-3,1							4aM		
1,5	4,5	4,1	3,4	3,3			3,5-5,0	2,8-4,0	2,8-4,0	2,8-4,0							6aM		
2,2	5,9	5,4	4,8	4,5			4,5-6,5	4,5-6,5	3,5-5,0	3,5-5,0							10aM		
3,0	7,8	6,9	6,5	6,0			6,0-8,5	6,0-8,5	6,0-8,5	4,5-6,5							10aM		
4,0	10,0	8,7	8,6	7,4			7,5-11	7,5-11	7,5-11	6,0-8,5							16aM		
5,5	13,4	11,9	11,1	10,5			13-19	10-14	10-14	7,5-11							16aM		
7,5	18,1	15,4	14,8	13,9			13-19	13-19	13-19	13-19							20aM		
11	25	23	22	20	A30	18-25	18-25	18-25	18-25	32aM									
15	29	31	29	27	A40	TA42DU	22-32	22-32	22-32	22-32	40aM								
18,5	36	36	37	33	A50	TA75DU	29-42	29-42	29-42	29-42	50aM	3X16+16							
22	45	43	42	40	A63		36-52	36-52	36-52	29-42	63aM	3X35+16				3X70+21	170	OT90ALAA3T	OT90AAUA3T
30	60	59	56	53	A75		45-63	45-63	45-63	45-63	80aM							160	130
37	74	69	68	64	A95	TA80-/-110DU	65-90	65-90	65-90	60-80	OS125	100aM	3X70+35	3X120+41	170	OT125ELAA3T	OT125EAUA3T		
45	90	82	83	79	A110	TA110DU	65-90	65-90	65-90	65-90	OS160	125aM			160aM	150	OT160ELAA3T	OT160EAUA3T	
55	104	101	98	95	A145	TA200DU	80-110	80-110	80-110	80-110	OS160	160aM	3X120+70	3X185+57	140	OT200KLAA3T	OT200KAUA3T		
75	140	140	135	131	A185	TA450DU	130-185	130-185	130-185	130-185	OESA250	200aM			160aM	180	OT250KLAA3T	OT250KAUA3T	
90	167	163	158	152	A210		130-185	130-185	130-185	130-185	DV 12PL	250aM	3X185+95	2X(3X120+41)	150	OT250KLAA3T	OT250KAUA3T		
110	202	199	193	194	A260		165-235	165-235	165-235	165-235	OESA400	315aM			2X(3X120+70)	2X(3X185+57)	170	OT315KLAA3T	OT315KAUA3T
132	250	238	232	228	EH370	T450DU	220-310	220-310	220-310	165-235	DV 12PL	355aM	2X(3X185+95)	2X(3X240+72)			180	OT400DLAA3T	OT400DAUA3T
160	305	280	282	269	EH370		220-310	220-310	220-310	220-310	OESA630	500aM			* 2X(3X300+88)	150	130	OT630KLAA3T	OT630KAUA3T
200	395	355	349	334	EH550	T900DU	355-500	265-375	265-375	265-375	DV 12PL	630aM	110	110					
250	470	450	430	410	EH700		355-500	355-500	355-500	355-500	-	-			3X(3X185+95)				
315	605	565	545	510	E2N12/08 PR112-LSI	-	-	-	-	-	-	-	3X(3X185+95)						

- KOORDINAATIO ON IEC 60947-4-1 TYPE 2, 50 kA, 400 V.
  - KÄYNNISTYSAJAN OLLESSA PITEMPI KUIN 5 S ON LÄMPÖRELEEN JA SULAKKEEN TOIMINTA-AJAT TARKISTETTAVA.
  - SYÖTTÖKAAPELINA 22-315 kW TEHOILLA ON AL-KAAPELI, CU-KAAPELIA KÄYTETÄÄN VÄLILLÄ TURVAKYTKIN-MOOTTORI ( N. 3m ). A2 ASENNUSTAPA E, KORJAUSKERROIN <= 0,65.
- 1) RAJAPITUUS JÄNNITEHÄVIÖLLÄ  $U_h \leq 3\%$  NIMELLISKUORMALLA JA  $\leq 10\%$  KÄYNNISTETTÄESSÄ, MIKÄLI MATKA ON PITEMPI ON JÄNNITEHÄVIÖ TARKISTETTAVA.  
KOSKETUSJÄNNITESUOJAUKSEN TOIMIVUUS TARKISTETTAVA ERIKSEEN.
- 2) KAAPELILÄPIVIENIT: SARAKE 1 YLÄ- JA ALAKAUTTA, SARAKE 2 ALAKAUTTA. LAJIMERKIN SISÄLTÖ: KATSO ESITE OT 2 FI. KAAPELOINTI TARVIKKEET: KATSO TIEDOTE OT 21 FI.
- 3) MITOITUS RIITTÄVÄ SEURAAVALLE TEHOPORTAALLE 200 kW ASTI.

ABB Control Oy Pienjännitejärjestelmät	KAI 00-09-11 PM	MOOTTORILÄHTÖJEN KOJEVALINTATAULUKKO 400V	KAI 110ZN 301
---	--------------------	--	---------------



MOOTTORIT ABB					KESKUKSEN KOJEET				KAAPELI				2) 3) TURVAKYTKIN													
P kW	In A 690V 50Hz				3) KONTAKTORI TYYPPI	TYYPPI	LÄMPÖRELE ASETTELUALUE				3) KYTKIN- VAROKE	SULAKE OFA_ A	3) MCMK	3) AMCMK * AXCMK	1) M	1 2										
	750 r/min	1000 r/min	1500 r/min	3000 r/min			750 r/m	1000 r/m	1500 r/m	3000 r/m						1	2									
0,09	0,31	-	-	-	A9	E16DU1.0-10	0,3-1,0	-	-	-	OS32	2gG	3X1,5+1,5													
0,12	0,37	0,34	-	-			0,3-1,0	0,3-1,0	-	-								2gG								
0,18	0,52	0,44	0,42	-			0,4-0,63	0,4-0,63	0,4-0,63	-								2gG								
0,25	0,68	0,53	0,48	0,41			0,63-1,0	0,4-0,63	0,4-0,63	0,4-0,63								2gG								
0,37	0,93	0,73	0,65	0,54			0,63-1,0	0,63-1,0	0,63-1,0	0,4-0,63								2gG								
0,55	1,36	1,03	0,84	0,77			1,0-1,4	1,0-1,4	0,63-1,0	0,63-1,0								4gG								
0,75	1,55	1,37	1,10	0,99			1,3-1,8	1,0-1,4	1,0-1,4	0,63-1,0								4gG								
1,1	1,98	1,89	1,50	1,39			1,7-2,4	1,7-2,4	1,3-1,8	1,3-1,8								4aM								
1,5	2,6	2,4	2,0	1,94			2,2-3,1	1,7-2,4	1,7-2,4	1,7-2,4								4aM								
2,2	3,4	3,1	2,8	2,6			2,8-4,0	2,8-4,0	2,2-3,1	2,2-3,1								4aM								
3,0	4,5	4,0	3,8	3,5	A26	TA25DU	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0	2,8-4,0	OS63	6aM	3X2,5+2,5													
4,0	5,8	5,1	5,0	4,3			4,5-6,5	4,5-6,5	4,5-6,5	3,5-5,0								10aM								
5,5	7,8	6,9	6,4	6,1			6,0-8,5	6,0-8,5	4,5-6,5	4,5-6,5								10aM								
7,5	10,5	8,9	8,6	8,1			7,5-11	7,5-11	7,5-11	7,5-11								16aM								
11	13,6	13,3	12,5	11,6			10-14	10-14	10-14	10-14								16aM								
15	16,8	18,0	16,5	15,4			13-19	13-19	13-19	13-19								25aM								
18,5	21	21	20	18,6			18-25	18-25	18-25	18-25								25aM								
22	26	25	24	22			A50	TA75DU	22-32	22-32								18-25	18-25	OS125	32aM	3X10+10				
30	34	33	33	31					29-42	29-42								29-42	29-42							
37	43	39	39	37			A63	TA80DU	36-52	29-42								29-42	29-42	OS125	63aM	3X16+16				
45	52	48	48	46	45-63	36-52			36-52	36-52	80aM															
55	60	59	57	55	A110	TA80/110DU	45-63	45-63	45-63	45-63	OS125	100aM	3X35+16	3X70+21												
75	81	82	78	76			65-90	65-90	65-90	65-90									125aM							
90	97	95	92	88	A145	TA200DU	80-110	80-110	80-110	80-110	OESA250 DV 12PL	125aM	3X70+35													
110	117	117	111	113			100-135	100-135	100-135	100-135									160aM							
132	145	139	135	132	A210	TA450DU	130-185	130-185	130-185	130-185	OESA250 DV 12PL	200aM	3X120+70	3X120+41												
160	177	162	164	156			130-185	130-185	130-185	130-185									200aM							
200	229	206	204	194	A260	TA450DU	165-235	165-235	165-235	165-235	OESA400 DV 12PL	250aM	3X185+95													
250	273	261	249	238			220-310	220-310	220-310	220-310									315aM							
315	351	328	316	296	EH370	T450DU	285-400	285-400	285-400	285-400	OESA630 DV 12PL	400aM	2X(3X120+70)	2X(3X185+57)												
355	394	368	354	336			285-400	285-400	285-400	285-400									500aM							
400	418	406	397	380	EH550	T900DU	355-500	355-500	355-500	355-500	OESA630 DV 12PL	500aM	2X(3X185+95)	2X(3X240+72)												
450	490	458	447	423			355-500	355-500	355-500	355-500									630aM							
500	531	510	490	461	EH700	T900DU	465-650	465-650	465-650	355-500	OESA630 DV 12PL	630aM	2X(3X240+120)	* 2X(3X300+88)												
630	654	632	626	592			465-650	465-650	465-650	355-500									630aM							
800	854	793	773	748	E2N12/08 PR112-LSI	-	-	-	-			3X(3X185+95)	4X(3X185+57)	290												
					E2N12/12 PR112-LSI	-	-	-	-			3X(3X240+120)	4X(3X240+72)	290												

- KOORDINAATIO ON IEC 60947-4-1 TYPE 2, 50 kA, 690 V.

- KÄYNNISTYSAJAN OLLESA PITEMPÄ KUIIN 5 S ON LÄMPÖRELEEN JA SULAKKEEN TOIMINTA-AJAT TARKISTETTAVA.

- SYÖTTÖKAAPELINA 45-800 kW TEHOILLA ON AL-KAAPELI, CU-KAAPELIA KÄYTETÄÄN VÄLILLÄ TURVAKYTKIN-MOOTTORI ( N. 3m ). A2 ASENNUSTAPA E. KORJAUSKERROIN <= 0,65.

1) Rajapituus jännitehäviöllä Uh <= 3% nimelliskuormalla ja <= 10% käynnistettäessä, mikäli matka on pitempi on jännitehäviö tarkistettava. Kosketusjännitesuojauksen toimivuus tarkistettava erikseen.

2) Kaapeliläpiviennit: sarake 1 ylä- ja alakautta, sarake 2 alakautta. Lajimerkin sisältö: Katso esite OT 2 FI. Kaapelointitarvikkeet: katso tiedote OT 21 FI

3) Mitoitus riittävä seuraavalle tehoportaalle 450 kW asti.

ABB Control Oy Pienjännitejärjestelmät	KAI 00-09-11 PM		MOOTTORILÄHTÖJEN KOJEVALINTATAULUKKO 690 V	KAI 110ZN 303
---	--------------------	--	---	---------------