



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha-Matti Johannes Nyysti

# MUUNTAJAN MUOTOLANKOJEN PU- RISTUSLIITOKSET

Tekniikka ja liikenne  
2011

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty keväällä 2011 Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikan- ja liikenteen yksikön sähkötekniikan koulutusohjelman mukaan. Työ tehtiin ABB Oy Muuntajat -yksikössä Vaasassa.

Ammattikorkeakoulun puolesta ohjaajana toimi lehtori Tapani Esala ja yrityksen puolesta ohjaajana toimi tuotekehitysinsinööri Juhani Hirvikoski.

Erityiskiitokset haluan esittää valvojilleni Juhani Hirvikoskelle ja Kauko Peltoniemelle hyödyllisten tietojen antamisessa. Kiitokset myös Tapani Esalalle opinnäytetyön valvomisesta ja myös muille, jotka auttoivat minua työni valmiiksi saattamisessa.

Vaasassa 03.05.2011

Juha-Matti Nyysti



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Juha-Matti Nyysti
Title	Compression Fittings of Cables for the Transformer
Year	2011
Language	Finnish
Pages	68 + 32 Appendices
Name of Supervisor	Tapani Esala

---

The purpose of this thesis was to study compression fittings as well as to update the present compression guides for the compression tools. It was enough for one of the compression tools just to update the manual. For the other compression tool there were several instructions in use so the manuals needed to be harmonized. Before harmonizing test items had to be produced and test fittings had to be examined before accepting the new instructions.

The thesis was started by collecting different sizes of copper wires for test items. Altogether 88 test pieces were produced, the total number being 352 fittings. The fittings (connectors) used during testing were mainly manufactured by Ouneva Oy.

The test items were produced especially to check the operating range near the lower limit and the upper limit of a fitting. The testing consisted of both transition resistance and tensile tests to achieve more detailed information on fittings.

During the transition resistance test it came out that cross-sectional area of a wire has influence on the size of the resistance. The resistance seems to be greater on the lower limit of cross-sectional area than on its upper limit of the fitting.

The tensile strength of a fitting was determined during tensile tests. All the fittings met tensile requirements as set in the IEC 61238-1 standard which means that the new compression instructions can be taken into use. In addition, it came out that further tests are needed for both hardened and square wires.

---

Keywords                      transformer, cable, compression fittings

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	ABB YRITYKSENÄ .....	8
	2.1 ABB Suomessa .....	8
	2.2 ABB Muuntajat.....	9
3	TURVALLISUUSMÄÄRÄYKSET .....	12
	3.1 Hydraulityökalut .....	12
	3.2 Sähkökäyttöiset työkalut.....	12
	3.3 Pneumaattiset työkalut.....	12
	3.4 Puristusliitoksen turvallisuusmääräykset.....	13
4	KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT JOHDIN- JA KÄÄMIJOHDINTYYPIT .....	14
	4.1 BNOS -kuparikaapeli.....	14
	4.2 BNOU -kuparikaapeli .....	16
	4.3 Kuparikaapelin valintaperusteet.....	17
	4.4 Käämeissä käytettävät kuparilangat.....	17
5	KAUPALLISIA TUOTTEITA .....	19
	5.1 Elpress:n liittimet.....	19
	5.2 AMP:n liittimet .....	21
	5.3 Ouneva:n liittimet .....	23
6	PURISTUSLIITOKSEN TEKEMINEN .....	26
	6.1 Puristusliitos.....	26
	6.2 Kuusikulmainen puristusliitos, ”heksa”.....	26
	6.3 Käämijohdinten puristusalue .....	27
7	KÄÄMINJOHDINTEN LIITINTEN PURISTAMINEN JA PYÖRISTÄMINEN .....	29
	7.1 Liitinosan valinta ja poikkileikkauksen täyttäminen .....	29
	7.2 Poikkipinta-alan täyttäminen .....	29
	7.3 Johdinpakettien pyöristäminen .....	30
	7.4 Käämijohdinten puristaminen liittimiin.....	32
	7.5 Käämijohdinten puristamisen työnkulku ja tarkastus.....	33
8	LIITINTEN PURISTAMINEN MUIHIN JOHDINTYYPEIHIN .....	36
	8.1 Säikeiset taipuisat johtimet .....	36

8.1.1	Puristuspään ja leukojen valinta.....	36
8.1.2	Pyöreiden johdinten puristaminen – työnkulku .....	37
8.1.3	Täyttäminen säikeistä ja taipuisia johtimia puristettaessa .....	38
9	KAKSI PYÖREÄÄ JOHDINTA .....	40
9.1	Kaksoisjohdinten pyöristystyökalujen ja työtavan valinta .....	40
9.2	Pyöreiden kaksoisjohdinten puristaminen .....	42
10	AMP: N W-PURISTUSLIITOKSIEN TUTKIMINEN .....	43
11	KOEJÄRJESTELYT .....	46
11.1	Ylimenovastuksen mittaus .....	48
11.2	Vetokoe .....	53
11.2.1	Vetokoetulokset.....	56
12	YHTEENVETO .....	65
13	TULEVAISUUS.....	66
	LÄHTEET.....	68
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli etsiä muuntajan puristusliitoksiin paras mahdollinen vaihtoehto ja päivittää puristusohjeet. Tässä käsitellään vain kuparista valmistettuja käämejä, vaikka osa käämeistä valmistetaan alumiinistakin. Muuntajan aktiiviosan johdotuksessa käämit yhdistetään toisiinsa kaapelien avulla. Käämeissä käytetään kuparilankaa, esimerkiksi muotolankaa ja nippujohdinta. Kaapelikengät ja muut liittimet puristetaan kaapeleihin kiinni puristamiseen tarkoitetuilla työkaluilla, joita on esitelty myöhemmin.

Puristusohjeita on ollut monenlaisia ja niitä on yhdistelty. Tästä johtuen tulee joidenkin liitoksien puristamiseen suuria muutoksia, jotka tulee kokein todeta hyväksytyiksi ja turvallisiksi käyttää eri tilanteissa. Tällä saadaan aikaan se, että jokaisessa samanlaisessa muuntajassa on käytetty samoja puristuslaitteita ja puristusleukoja. Muuntajassa on keskimäärin noin 100 liitosta ja tämän vuoksi on todella tärkeää, että liitokset kestävät. Sillä jos jokin liitos pettää niin joudutaan lähettämään työntekijöitä korjaamaan muuntajaa, esimerkiksi toiselle puolella maapalloa. Työssä käydään läpi myös turvallisuusasiat puristusliitoksia tehtäessä erilaisia työmenetelmiä käyttäen.

## **2 ABB YRITYKSENÄ**

ABB on yksi suurimmista sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymistä, jonka tuotteet, palvelut ja järjestelmät parantavat asiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB toimittaa sähkövoima- ja automaatiotuotteita, jotka parantavat asiakkaiden kilpailukykyä. ABB on teknologiajohtaja ja innovaatio sekä laatu ovat tunnusomaisia ABB:n tuotteille, järjestelmille ja palveluille. ABB on arvostettu työnantaja ympäri maailmaa. ABB:n liikevaihto oli 32 mrd USD vuonna 2010, henkilöstöä oli 120 000, joka toimi yli 100:ssa eri maassa. ABB yhtymä on perustettu vuonna 1988 ja pääkonttori sijaitsee Zurichissa Sveitsissä. Pääjohtajana toimii Joe Hogan. /2/

ABB auttaa asiakkaitaan hyödyntämään sähköä tehokkaasti, tuottavasti ja ympäristöystävällisesti. Yrityksen tavoitteena on parantaa prosessien toimintaa ja tehokkuutta. Ilmastonmuutoksen torjuminen ja energiatehokkuus liittyvät yrityksen tuotteisiin ja palveluihin läheisesti. Sähkövoima- ja automaatioteknologiaan erikoistuminen on nostanut ABB:n johtavaksi yritykseksi maailmassa. Yrityksessä voi jokainen kehittyä ihmisenä ja myös kehittää omaa osaamistaan. Kilpailukykyyn parantuessa tulee tärkeäksi liiketoiminnan osaaminen ja laatu, jotka kulkevat rinnakkain kovassa kilpailussa. /3/

### **2.1 ABB Suomessa**

ABB toimii noin 40:llä eri paikkakunnalla Suomessa. Suurimmat yksiköt sijaitsevat Helsingissä ja Vaasassa. Yhteensä ABB työllistää yli 7000 henkilöä Suomessa. Liikevaihto vuonna 2009 oli 2,3 miljardia EUR. Tuotekehitykseen panostettiin 130 miljoonaa EUR. Sähkövoimatuotteet organisaatiossa toimitusjohtajana toimii Keimo Kalliosaari, joka toimii myös ABB muuntajat –yksikön johtajana. Tehdas-keskittymät kuvassa 1. /3/





## Tehdaskeskittymät Helsingissä ja Vaasassa

- Moottorit
  - Erikoismuuntajat
  - Pienjännitekojeet ja -kojeistot
  - Keskijännitetuotteet
  - Sähkön siirto- ja jakelujärjestelmät
  - Voimantuotannon järjestelmät
  - Teollisuuden sähköistykset ja kokonaisprojekointi
  - Sähkökoneet
  - Taajuusmuuttajat
  - Prosessiteollisuus
  - Marine
- ABB Porvoo**
- Asennustuotteet
- Service**
- lähes 40 paikkakunnalla

**Kuva 1.** Yleiskuva tehtaista ja ABB tuotteita. /3/

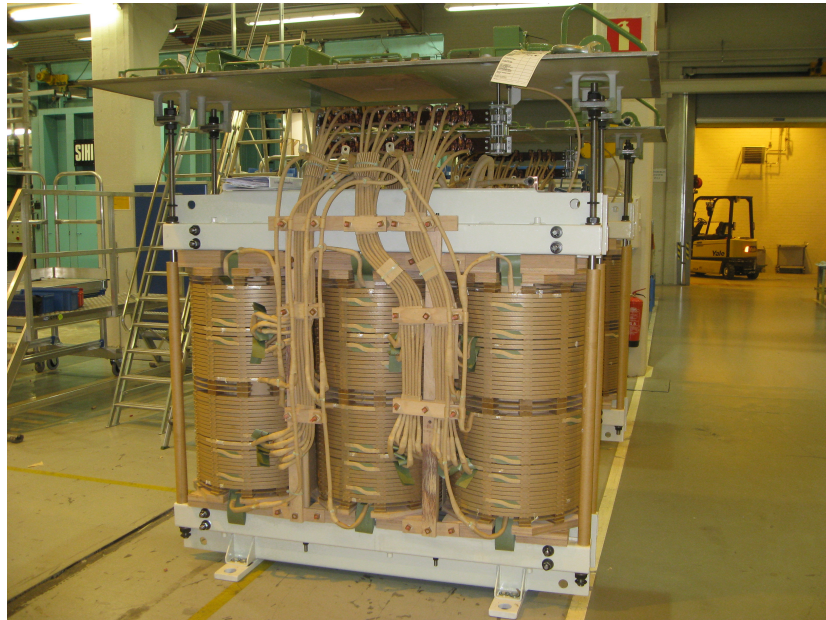
## 2.2 ABB Muuntajat

Vaasan erikoismuuntajatehtaalla valmistetaan räätälöityjä muuntajaratkaisuja ja reaktoreita mm. teollisuuteen, rautatieliikenteeseen, laivoihin ja öljynporauslautoille, esimerkkejä kuvassa 2 ja 3. Muuntajayksikössä työskenteli noin 320 henkilöä vuonna 2010. Liikevaihto oli vuonna 2010 114 M€. /5/

”Muuntaja muuttaa sähköenergian käyttäjälle sopivaan muotoon. Siirtoverkoissa käytetään useita eri jännitteitä; yleensä siirto tapahtuu suurella jännitteellä ja jakelu pienemmällä jännitteellä. Käytetty jännite riippuu siirrettävän energian määrästä ja matkasta. Jännitetasoa muutettaessa tarvitaan aina muuntajaa. Yksinkertaisimmillaan muuntaja koostuu kahdesta toisistaan sähköisesti eristetystä kupari- tai alumiinijohtimista valmistetusta käämistä ja ne yhdistävästä sydänlevyistä ladotusta rautasydäimestä kuvassa 3. Käytännössä kolmivaihemuuntajassa on yleensä 3 x 3 käämiä: alajännitekäämi, yläjännitekäämi sekä säätökäämi, jolla jännitetasoa voidaan säätää”. /5/



**Kuva 2.** ABB Oy, muuntajien valmistamia muuntajia.



**Kuva 3.** Muuntajan aktiiviosa, jossa käämit ja rautasydän.

Kun ensiökäämiin johdetaan vaihtovirtaa, muodostaa se rautasydämeen magneettivuon. Kun tämä vuo kulkee toisiokäämiin, indusoi se sen napoihin jännitteen. Muuntajan muuntosuhteeksi kutsutaan ensiö- ja toisiokäämien kierroslukujen suhdetta. Muuntosuhteen kaava on:  $1/5/$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

(1)

missä

 $U_1$  on ensiökäämin jännite $U_2$  on toisiokäämien jännite $N_1$  on ensiökäämin kierrosten lukumäärä $N_2$  on toisiokäämin kierrosten lukumäärä $I_1$  on ensiökäämin virta $I_2$  on toisiokäämin virta

### **3 TURVALLISUUSMÄÄRÄYKSET**

#### **3.1 Hydraulityökalut**

Nykyään käytetään paljon hydraulikkaa monissa laitteissa ja töissä. Näiden voimien tuottamiseen tarvitaan kova paine, joka on vaarallinen jos hydrauliletku puhkeaa. Vuodon sattuessa ja öljyn tunkeutuessa ihon läpi tulee välittömästi ottaa yhteys lääkäriin. Hydrauliöljy ei suoraan ole myrkyllistä, mutta se voi aiheuttaa muita haittoja elimistössä, joten se tulee saada pois verenkierrosta. Tämän vuoksi tulee kiinnittää suurta huomiota määrättyihin turvallisuusasioihin. Milloinkaan ei saa käyttää laitteessa muita varaosia kuin mitä valmistaja on siihen tarkoittanut. Laitetta saa korjata ja säätää vain siihen erikoistunut ja valtuutettu korjaamo. Vaurioituneita tai muuten viallisia laitteita ei tule käyttää. Aina ennen työn aloittamista tulee tarkistaa työvälineen kunto ja voiko sillä aloittaa työt. Erityisesti tulee tarkistaa, että turvakytin toimii ja kaikki mahdolliset pikaliittimet ovat kunnolla kiinni. Kaikkien tulee myös käyttää asianmukaisia turvavarusteita, esimerkiksi suojavaatetusta ja suojakäsineitä. Suojalasien käyttö on myös suositeltavaa letkun puhkeamisesta johtuvan öljysuihkun varalta. /1/, /13/

#### **3.2 Sähkökäyttöiset työkalut**

Käyttöominaisuudet, hinta ja ulkonäkö ratkaisevat yleensä sähkölaitteen valinnan. Päätöstä tehdessä tulee antaa suuri painoarvo turvallisuudelle. Sähkölaitteiden mukana täytyy olla kunnolliset käyttö- ja turvallisuusohjeet kielellä, jota ymmärtävät. Ohjetta on myös syytä noudattaa. /4/

Mahdollisten uusien sähkötyökalujen ostossa työkalusta täytyy löytyä CE-merkki, koska se mahdollistaa tuotteen liikkumisen Euroopassa. Tämä on valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää turvallisuus-, terveys-, ympäristö- ja kuluttajan-suojavaatimukset. /7/

#### **3.3 Pneumaattiset työkalut**

Paineilmaa käytetään teollisuudessa nykyään paljon erilaisissa koneissa ja laitteissa, esimerkiksi joissakin prässeissä, puristustyökaluissa, vääntimissä ja venttiilien

ohjauksissa. Paineistetun kaasun käyttötekniikkaa tehonsiirtoon kutsutaan pneu-  
matiikaksi. Työskenneltäessä paineilman parissa tulee aina käyttää suojalaseja,  
lukea ja ymmärtää siihen liittyvät ohjeet ja mahdolliset riskit. Älä koskaan suuntaa  
paineilmaa toista kohti, koska paineilma voi olla vaarallista, jos se pääsee kovalla  
paineella puhaltamaan ihon läpi. Tästä voi seurata ilmakupla verenkiertoon, joka  
voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa kuoleman, jos kupla menee esimerkiksi  
sydämen verisuoniin. Paineilmajärjestelmät voivat varastoida suuren määrän  
energiaa itseensä, ja paineen purkautuessa nopeasti, se voi saada aikaan suuria va-  
hinkoja, joko laitteelle tai sen käyttäjälle. /11/, /12/

### **3.4 Puristusliitoksen turvallisuusmääräykset**

Puristamalla saadaan aikaan hyvä ja kestävä sähköinen liitos liittimen ja johti-  
men välillä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että puristamisen on aina oltava  
tekninen kokonaisjärjestelmä, johon käytetään hyvin voimakkaita työkaluja. Tä-  
män vuoksi on aina huomioitava seuraavat asiat:

- Turvakytkin
- Pikaliittimien kunto ja kiinnitys
- Hydrauliletkun kunto
- Että suojaava kumiholkki on kiinnitetty puristuspään alaosaan oikein ja, että puristuspään yläosassa olevat kumisuojat ovat ehjät.
- Käytetään laitetta aina niin, että voiman vaikutussuunta ei ole jotakuta kohti.
- Tarkistetaan, että työkalussa on kaikki tarvittavat irto-osat kiinni.
- Ettei työkalua käytetä muuhun kuin sen suunniteltuun käyttötarkoitukseen.

/1/

## 4 KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT JOHDIN- JA KÄÄMIJOHDINTYYPIT

### 4.1 BNOS -kuparikaapeli

Käytössä on kuparikaapelipoikkipintoja 16-240 mm<sup>2</sup>. Kaapelit on eristetty krep-pipaperinauhalla limityksellä 50 % kreppipaperi Munksjö Paper Product nro. 212510), joissa uloimmat kaksi kerrosta sidotaan eristysliimalakalla. Eristyksen nimellispaksuus on 2,5 mm, minimipaksuus 2,35 mm ja yläeromitta 0,5 mm. Liimatun alueen leveys on noin 20 % kehäpituudesta. Kuvassa 4 on kuva kaapelista. Yksityiskohtaisempia tietoja liitteissä 8, 9 ja taulukossa 1. Kuparikaapelit täyttävät IEC 60228-luokan 2-standardin, joka kertoo johtimen rakenteesta seuraavaa:

Kerratut pyöreät ei tiivistetyt johtimet (luokka 2)

- Kullakin johtimella tulee olla sama nimellinen halkaisija
- Särkeitten lukumäärä johtimessa ei saa olla vähemmän kuin standardissa 60228 on määritelty.
- Johdinten resistanssit, 20 °C tulee olla myös standardin 60228 mukaiset.  
Liite 10 ja 11. /9/, /14/

**Taulukko 1.** BNOS- kuparikaapeli.

Laji	Lankojen lukumäärä	Langan halkaisija mm.	Draka NK Cablesin lajimerkki
BNOS 6	8 x 10	0,30	*)
BNOS 16	19	1,03	HK 16 / 19 x 1,03 Z
BNOS 35	19	1,52	HK 35 / 19 x 1,52 Z
BNOS 50	19	1,77	HK 50 / 19 x 1,77 Z
BNOS 70	37	1,52	HK 70 / 37 x 1,52 S
BNOS 95	7 x 61	0,505	HKEM 95 / 7 x 61 x 0,505 S
BNOS 120	19 x 29	0,505	HKEM 120 / 19 x 29 x 0,505 S
BNOS 150	19 x 36	0,505	HKEM 150 / 19 x 36 x 0,505 S
BNOS 240	19 x 59	0,505	HKEM 240 / 19 x 59 x 0,505 S

Esimerkki:

BNOS 50

A=pinta-ala

d=halkaisija

r=säde

$$d=1,77$$

$$r = \frac{1,77}{2}$$

$$r=0,885$$

(2)

$$A = \pi r^2 \times \text{säieitten määrä} \times \text{nippujen määrä}$$

(3)

$$A = \pi \times 0,885^2 \times 19$$

$$A=46,75 \approx 50 \text{ mm}^2$$



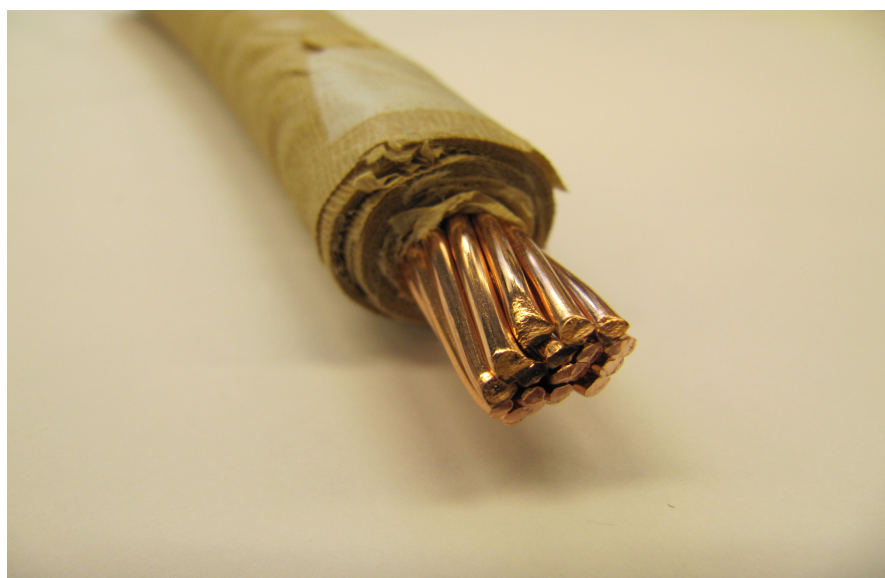
**Kuva 4.** BNOS –kuparikaapeli 50 mm<sup>2</sup>

## 4.2 BNOU -kuparikaapeli

Käytössä on kuparikaapelipoikkipintoja 35-150 mm<sup>2</sup>. Kaapelit on eristetty krep-  
pipaperieristyksellä limityksellä 50 % (kreppipaperi Munksjö Paper Product nro).  
212510), joissa uloimmat kaksi kerrosta sidotaan eristysliimalakalla. Eristyksen  
nimellispaksuus on 4,5 mm, minimipaksuus 4,25 mm ja yläeromitta 0,5 mm. Lii-  
matun alueen leveys on noin 20 % kehäpituudesta. Kuparikaapelit täyttävät IEC  
60228 luokan 2 standardin. Yksityiskohtaisempia tietoja liitteissä 8,9 ja taulukos-  
sa 2. Kuvassa 5 on kuva kaapelista. /9/

**Taulukko 2.** BNOU –kuparikaapeli koot ja normit

Laji	Lankojen lukumäärä	Langan halkaisija mm.	Draka NK Cablesin lajimerkki
BNOU 16	19	1,03	HK 16 / 19x1,03 Z
BNOU 35	19	1,52	HK 35 / 19x1,52 Z
BNOU 50	19	1,77	HK 50 / 19x1,77 Z
BNOU 70	37	1,52	HK 70 / 37x1,52 S
BNOU 95	7 x 61	0,505	HKEM 95 / 7 x 61 x 0,505 S
BNOU 120	19 x 29	0,505	HKEM 120 / 19 x 29 x 0,505 S
BNOU 150	19 x 36	0,505	HKEM 150 / 19 x 36 x 0,505 S
BNOU 240	19 x 59	0,505	HKEM 240 / 19 x 59 x 0,505 S



**Kuva 5.** BNOU –kuparikaapeli 50 mm<sup>2</sup>

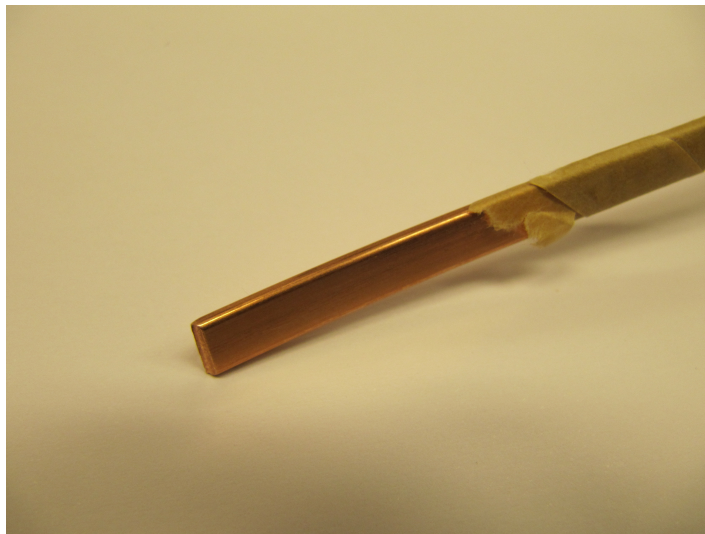


### 4.3 Kuparikaapelin valintaperusteet

Kaapelin valinnassa käytetään kriteereinä virtatiheyttä ja jännitelujuutta. Virtatiheys on  $3,6 \text{ A/mm}^2$  ellei termisistä syistä jouduta käyttämään pienempää virtatiheyttä. BNOS kuparikaapelia käytetään  $\leq 52 \text{ kV}$  jännitteisillä muuntajilla ja  $> 52 \text{ kV}$  jännitteillä käytetään aina BNOU-kaapelia, koska siinä on vahvempi eristekerros kaapelin päällä. Kuitenkin  $\geq 110 \text{ kV}$  jännitteisillä muuntajilla kaapelin paksuus tulee olla aina  $\geq 50 \text{ mm}^2$ .

### 4.4 Käämeissä käytettävät kuparilangat

Kuparimateriaalina käytetään EN 13601-CW004A (Cu-ETP) tai EN 13601-CW013A (CuAg0,10). Eristeenä eristepaperi, jonka tiheys on  $1,12 \text{ kg/dm}^3$  ja korkeus  $50 \mu\text{m}$ . Kuparin toleranssit täyttävät standardin EN 13601 ja EN 13601 laatuvaatimukset. Esimerkkejä kuparilankatyypeistä kuvissa 6 ja 7. /9/



**Kuva 6.** BKYL –eristetty käämilanka (muotolanka)



**Kuva 7.** BK-CTC – eristetty nippujohdin

## 5 KAUPALLISIA TUOTTEITA

### 5.1 Elpress:n liittimet

Elpress on kehitellyt monia vuosia puristustekniikoita erilaisia liitoksia varten. Yhteistyötä on tehty muuntajia valmistavien yritysten kanssa. Liitteissä 13-32 on Elpressin Trafo katalogi, joka on suunnattu nimenomaan muuntajan valmistajille. Tämä katalogi ei sisälly Elpressin tavallisiin luetteloihin ja jää helposti huomiotta. Elpressin puristustyökalut toimivat hydraulikalla tai ovat akkukäyttöisiä. Puristamisessa tarvitaan suuri paine (esimerkiksi 130 kN tai 250 kN) puristuksen onnistumiseksi. Elpress on ruotsalainen yritys ja se on tehnyt laboratoriotestejä puristusliitoksista Kramfordissa Ruotsissa, kansainvälisten ja kansallisten standardien mukaisesti. Pääkonttori ja tehdas sijaitsevat myös Kramfordissa. Elpress tutkii jatkuvasti uusia puristusmahdollisuuksia ja uusia kokemuksia. Tästä johtuen tuloksia tulee koko ajan lisää ja uusia puristusmenetelmiä syntyy. Uusimmat puristustekniikat ja ohjeet on mahdollista saada ottamalla yhteyttä Elpressiin. Elpressin puristusvälineiden ja leukojen kuvat liitteissä 5, 6, 7, /1/, /8/

Kuvassa 8 kerrotaan kunkin johdintyyppin kanssa käytettävät liittimet. Näiden lisäksi löytyy T-liittimiä, kierteisiä läpivientiliitin-nastoja, supistusliittimiä ja muita erikoisliittimiä (liitteessä 1). /1/

Tyyppi	Nimike	Johdintyyppi
Kaapelikenkä	KRFxx-yyL	Säikeiset ja taipuisat johtimet, käämijohtimet xx = poikkipinta-ala, mm <sup>2</sup> yy = M-koon pultinreikä
Päittäisliitin	KSFxxL	Säikeiset ja taipuisat johtimet, käämijohtimet xx = poikkipinta-ala, mm <sup>2</sup>

#### **Kuva 8.** Puristusliittimen tyyppi ja johdintyyppi

Esimerkiksi ABB:llä käytössä olevat Elpressin liittimet on merkitty seuraavasti:

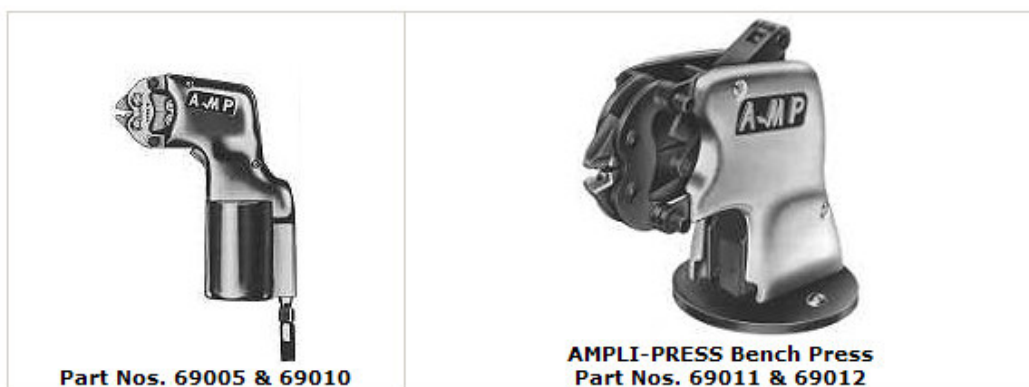
- valmistaja, merkitty Elpressin logolla
- liittimen kanssa käytettävän johtimen nimellinen poikkipinta-ala
- M-kokoisen pultinreiän koko (vain kaapelikengät; ”-12” tarkoittaa M12-pulttia, ja reiän koko on riittävän väljyyden vuoksi Ø13)
- käytettävän Elpress-leuan tunnusnumero
- F-kirjain tarkoittaa sitä, että liittintä voidaan käyttää myös IEC228 luokan 6 mukaisten tai vastaavien taipuisien johdinten kanssa



**Kuva 9.** Elpressin kaapeliliittimiä

## 5.2 AMP:n liittimet

AMP:lla käytetään paineilmaa pienissä liittimissä ja suurissa liittimissä hydraulista puristusta, esimerkiksi kaapelikengän tai päittäisliittimen puristamisessa. Leukoja vaihtamalla saadaan oikea puristus pää kuhunkin kaapeliin sopivaksi. Kuvissa 10 ja 11 on esitelty puristusleuat ja työkalut. Hydraulisiin työkaluihin siirrytään, kun liitos on 70 mm<sup>2</sup> tai suurempi. Pienemmät liitinkoot puristetaan kuvan 10 ja suuremmat kuvan 11 laitteella.



**Kuva 10.** AMP pneumaattinen puristustyökalu jossa puristusleuka on kiinnitettyinä.



**Kuva 11.** AMP:n hydrauliset puristus päät leuat kiinnitettynä.

AMP:n liittimet on merkitty seuraavasti:

Liittimissä on AMP kirjaimet painettuna niihin. Niistä löytyy myös käytettävä johtimen nimellinen poikkipinta-ala. AMP:n, esimerkiksi päittäis- ja rinnakkaisliittimet sopivat joko kuparille tai alumiinille eli ei tarvita eri materiaaleille omaa liittintä. Kuvassa 12 AMP:n liittimiä.

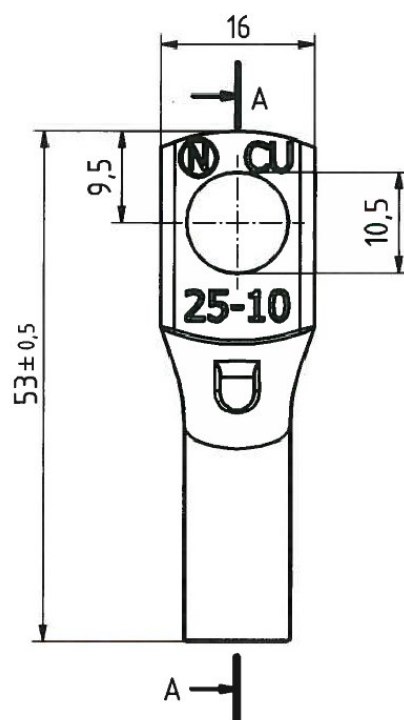


**Kuva 12.** AMP:n päittäis- ja rinnakkaisliitin

### **5.3 Ouneva:n liittimet**

Ouneva Group on suomalainen 1972 perustettu perheyritys, josta on kehittynyt sähkökomponenttiensa myötä kansainvälinen yritys. Ouneva konserniin kuuluvat lisäksi Jotwire Oy, Alsiva Oy ja Eswire Oy. Ounevan pääosaamiseen kuuluu sähköliitostekniikka, painevaluteknologia, johdinsarjatuotanto, elektroniikka ja pintakäsittelytekniikka.

Kaapelikengät sopivat johdinten liittämiseen ja liittimet valmistetaan sähkökuparista. Liittimet on pintakäsitelty tinalla.



**Kuva 13.** Ouneva Groupin kaapelikengä

Ouneva Groupin kaapelikengät, jatkoshokit ym. tuotteet on merkitty N-kirjaimella, joka on ympyrän sisällä (kuva 13). Cu –merkintä tarkoittaa sitä, että liittin on tarkoitettu kupariliitoksiin. Liittimessä on painettuna käytettävän johtimen nimellinen poikkipinta-ala ja kiinnitysreiän koko, esimerkiksi 120-17. Taulukosta 3 löytyvät liittimen puristamiseen käytettävät puristusleuat ja puristuksien lukumäärä. /10/



**Taulukko 3.** Ounevan liitinholkkit, niihin tarkoitettut Elpressin puristusleuat ja puristuskerrat.

<b>Liitinholkkin koko/ mm<sup>2</sup></b>	<b>ELPRESS (kuusiroleuka)</b>	
	<b>Leuka nro</b>	<b>Puristus kpl</b>
10	B8	1
16	B9	1
25	B11	1
50	B13	1
70	B14.5	1
95	B17	1
120	B20	1
150	B22	1
185	B27	2
240	B30	2
300	B32	2

## 6 PURISTUSLIITOKSEN TEKEMINEN

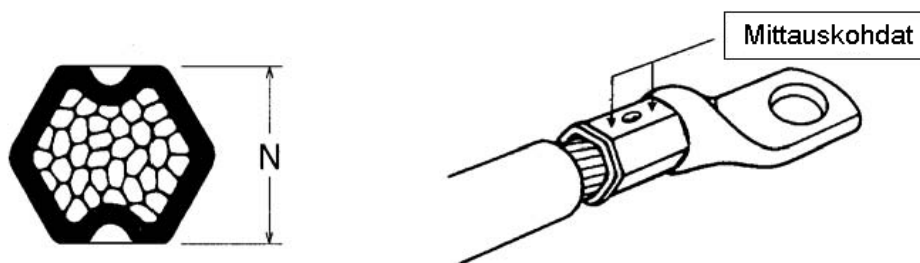
### 6.1 Puristusliitos

Puristusleukojen oikean toiminnan kannalta on tärkeää, että puristuspinnat ovat puhtaat ja kiiltävät. Suuren puristuspuheen vuoksi on mahdollista, että liitinten tinapinnoite tarttuu leukojen pintoihin ja tämä voi aiheuttaa puristusliitokseen terävät leuat. Tämä voidaan estää käyttämällä kiinteää parafiinia, mehiläisvahaa tai vastaavaa voiteluainetta leuan ja liittimen välillä. /1/

### 6.2 Kuusikulmainen puristusliitos, ”heksa”

Puristusliitokset tehdään geometrialtaan kuusikulmaisilla leuoilla. Puristuksessa leuat sulkeutuvat kokonaan (ellei muuta mainittu). Puristuksen jälkeen on mahdollista tarkistaa liitoksen varmuus mittaamalla puristuskohdan korkeus  $N$ , josta on selventävä kuva 14 ja taulukko 4. Tarkastuksen voi suorittaa myös tunnisteiden tarkastuksella eli tarkastetaan oikeiden puristusleukojen käyttö eli leukojen perässä on oltava sama numero, joka on liittimessä. /1/

On myös muistettava, että käytössä leuat voivat löystyä vähän ja tämä on hyväksyttävä. Puristuksen jälkeen puristuskohdassa tapahtuu pieni takaisinjousto eli  $N$ -mitta on vähän suurempi puristuskohdassa kuin suljettujen leukojen välissä. Joissakin leuoissa on pohjassa pieni tappi, joka painaa jäljen puristettavaan kappaleeseen ja tämän jäljen tarkoituksena on näyttää oikea kohta, mistä  $N$ -mitta mitataan. /1/



**Kuva 14.** Tarkistuskorkeutta  $N$  kuvaava kuva ja mittauskohta.

**Taulukko 4.** Puristusliitoksen korkeus N, niiden enimmäisarvot ja käytetty puristusleuka.

<u>Leuan n:o</u>	<u>N max mm</u>
13B13L	10,3
13B14.5L	10,9
13B17L	13,5
13B20L	16,5
13B22L	16,3
13B25L	20,3
B2525L	20,3
13B27	20,6
B2527L	20,6
13B30L	23,4
B2530L	23,4
B2532	24,6
B2538L	30,5
B2542L	30,5
B2550L	38,0

### 6.3 Käämijohdinten puristusalue

Elpress on testannut tietyn puristustyökalumalliston, jolla voidaan puristaa pyöristettyjä käämijohtimia toisiinsa tai vakiomallisiin kappaleihin. Tällä hetkellä Elpressillä on testattuna ja hyväksyttynä mallisto, joka soveltuu 630 mm<sup>2</sup>:n standardipuristusliitoksiin ja näitä voidaan käyttää maksimissaan 730 mm<sup>2</sup> käämijohtimille. /1/

Näin määritettiin seuraavat lähtökohtaiset poikkipinta-alan vaihteluvälit:

**Taulukko 5.** Poikkipinta-alan vaihteluvälit.

Liitin mm <sup>2</sup>	Käämijohtimen poikkipinta	
	min mm <sup>2</sup>	max mm <sup>2</sup>
35	45	70
50	69	103
70	100	120
95	113	161
120	145	185
150	180	220
185	220	265
240	302	343
300	340	400
400	412	500
500	500	580
630	630	730

Saatavilla on suurempiakin standardipuristustyökaluja (esim. 630 ja 800 mm<sup>2</sup>), mutta niillä voidaan liittää toisiinsa vain poikkipinta-alaltaan samankokoisia vakiomallisia kaapeleita, joilla on tietty halkaisija ja rakenne. 630 mm<sup>2</sup> ja sitä suurempia puristustyökaluja ei voi käyttää pyöristetyille käämijohtimille. Elpressin mukaan tämä edellyttäisi suurempaa puristusvoimaa kuin mihin suuri puristuspää V250 pystyy. Jotta näin suuria käämijohtimia voitaisiin liittää puristamalla, tulisi kehittää puristusvoimaltaan entistä suurempi työkalu. Tämä koskee kuparijohtimia ja niiden puristusliitoksia. Jakelumuuntajia valmistavat tehtaat käyttävät käämeihin usein alumiinijohtimia. Niiden puristusliitoksia koskevat säännöt ja rajoitukset tulee selvittää Elpressiltä erikseen. /1/

## **7 KÄÄMINJOHDINTEN LIITINTEN PURISTAMINEN JA PYÖRISTÄMINEN**

Käämijohdinten puristaminen poikkeaa huomattavasti vakiopoikkipintaisten pyöreiden johdinten puristamisesta. Molemmista menetelmistä tulee tarkemmin jäljempänä. Lisäksi oletetaan, että eriste (lakka tai muu) on poistettu. /1/

### **7.1 Liitinosan valinta ja poikkileikkauksen täyttäminen**

Käytettävään liittimeen on merkitty nimellinen poikkipinta-ala eli sen standardikaapelin poikkipinta-ala, jota varten liitin on suunniteltu. Käämijohtimia varten määritetään kuitenkin poikkipinta-alan vaihteluväli kullekin liittimelle. Näin määritettiin seuraavat lähtökohtaiset poikkipinta-alan vaihteluvälit, taulukossa 5 edellä ja liitteessä 2. Erilaisten käämijohdinpakettien rakenteet voivat vaihdella paljonkin. Suorakulmaisten johdinten lukumäärä ja niiden mitat vaihtelevat. Tapauksissa, joissa ei ole suoraan oikean kokoista johdinpakettia, on tehtävä täyttö oikeanlaisista liitintä varten.

”Käytettävä liitin (kaapelikenkä tai jatkos) määritetään seuraavalla tavalla:

- Selvitetään johtimen kokonaispinta-ala käämin osaluettelosta.
- Käytetään edellä olevaa taulukkoa 5 ja selvitetään minkä liittimen minimi-maksimivaihtelu sisältää johtimen poikkipinta-alan vaihteluvälin ulkopuolella.
- Valitaan kaapelikenkiä varten M-pultin kokoa vastaava pultinreiän nimi-ke. Esimerkiksi KRF95-12L-kaapelikenkään sopii M12-pultti (ja itse asiassa myös ½ tuuman pultti)”. /1/

### **7.2 Poikkipinta-alan täyttäminen**

Edellä todetun mukaisesti johdinpaketti täytetään oikean liitinkoon saavuttamiseksi, jos paketti on liian pieni liitinkokoon nähden. Täyttämistä saa käyttää aino-

astaan seuraavaan standardikokoon asti, esimerkiksi 50 mm<sup>2</sup>:stä 70 mm<sup>2</sup>:n enimmäiskokoon. /1/

Liittimen puristusholkkia muutaman millimetrin pidempiä johtimen paloja sijoitetaan keskitetysti johdinpaketin johdinten väliin. Tarvittavien johtimen palojen lukumäärä määräytyy tarvittavan lisäpinta-alan mukaan. On suositeltavaa täyttää liitin suunnilleen sen vaihteluvälin keskivaiheille. /1/

”Esimerkiksi

Paketissa on 10 kpl 7,7 x 2,2 mm:n johtimia, yhteensä 169 mm<sup>2</sup>. Toisen puolen johtimen koko on 150 mm<sup>2</sup>.

On tehtävä täyttö vähintään 150 mm<sup>2</sup>:n liittimen vähimmäispinta-alan saakka, joka on 180 mm<sup>2</sup>. On suositeltavaa täyttää vaihteluväli sen puoleenväliin asti, joka on 200 mm<sup>2</sup>, ja tämän vuoksi on lisättävä 31 mm<sup>2</sup> (200-169).

Kunkin johtimen poikkipinta-ala on  $7,7 \times 2,2 = 17 \text{ mm}^2$ , ja kahden palan vaikutus on 34 mm<sup>2</sup>. Tällöin tulokseksi tulee yhteensä 203 mm<sup>2</sup>.

Tämä sopii hyvin 150 mm<sup>2</sup>:n liittimeen”. /1/

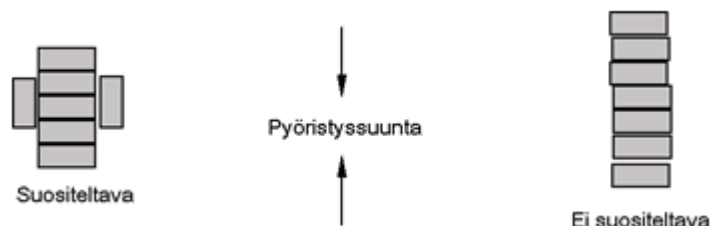
### **7.3 Johdinpakettien pyöristäminen**

Johdinpaketti on joskus pyöristettävä, jotta se sopisi liittimeen, myös mahdollisesti poikkipinta-alaa tulee samalla pienentää jonkin verran. Käytetään seuraavia pyöristystyökaluja, taulukko 6 ja lisää löytyy liitteessä 2.

**Taulukko 6.** Johdinpakettien pyöristys (Elpress).

Liittimen koko mm <sup>2</sup>	Lähtökohtainen käämin kokonaispoikkipinta-ala		Pyöristys- matriisin n:o
	mm <sup>2</sup>	leuan n:o	
35	45 – 70	13R9DL	13R9ML
50	69 - 103	13R11DL	13R11ML
70	100 – 120	13R13DL	13R13ML
95	113 - 161	13R15DL	13R15ML
120	145 – 185	13R17DL	13R17ML
150	180 - 220	13R19DL	13R19ML
185	220 – 265	25R21DL	25R21ML
240	302 - 343	25R24DL	25R24ML
300	340 - 400	25R26DL	25R26ML
400	412 - 500	25R30DL	25R30ML
500	500 - 580	25R33DL	25R33ML
630	630 – 730	25R39DL	25R39ML

Asetetaan yksittäinen johdin siten, että saavutetaan neliömäinen muoto jos mahdollista. Johtimet tulee asettaa rinnakkain niin, että päällekkäisyyttä ei esiinny. Alla olevasta kuvasta selviää periaate. Tulee myös huomioida seuraavat asiat: /1/

**Kuva 15.** Pyöristys tulee tehdä kuvan osoittamalla tavalla.

- ”Varmistetaan, että paketin johtimet ovat samanpituisia, jolloin koko pake-  
tin poikkipinta-ala on sama.
- Pyöristystyökalujen pituudet vastaavat kyseisen liittimen asennussyvyyyttä.  
Paketti on tämän vuoksi työnnettävä sisään rajoittimeen asti, jotta pyöris-  
tyksen pituus olisi oikea. Ainoana poikkeuksena ovat 25R30DL / ML ja si-  
tä suuremmat työkalut, joissa ei ole rajoitinta. Tämä johtuu siitä, että oike-

an pituuden saavuttamiseksi pyöristys on tehtävä kahdessa vaiheessa. Näitä kokoja käytettäessä tehdään ensimmäinen pyöristys johdinten pään kohdalle, siirrä pakettia pari senttimetriä ja tee toinen pyöristys. Jos tarpeen, tee päähän vielä yksi pyöristys.

- Varmistetaan, että käytät edellä olevan kuvan mukaisesti oikeaa pyöritystyökalua.
- Kun pyöristys alkaa, varmista, että kaikki johtimet ovat asianmukaisesti paikoillaan ja että työkalun liikkumasuunta on oikea. Tee tarvittavat säädöt ennen merkittävän pyörityksen syntymistä. Tämän jälkeen pyöristys tehdään yhdellä kertaa”. /1/

Kaapelikengät, jatkokset, T-liittimet ym. liittintyyppit puristetaan lähes samalla tavalla. Suuret poikkipinnat eli  $300 \text{ mm}^2$  tai sitä suuremmat poikkipinta-alat vaativat suurta voimaa ja tämä tarkoittaa sitä, että puristamisessa tulee käyttää Elpressin V250 päätä. Pienemmät voidaan puristaa V1300-puristuspäällä. Päiden ja varusteiden täydelliset tiedot ovat liitteessä 2. /1/

#### **7.4 Käämijohdinten puristaminen liittimiin**

Käämijohdinten puristaminen liittimiin, joiden nimellispoikkipinta-ala on  $35 - 240 \text{ mm}^2$ , tehdään Elpress V1300-puristuspäällä ja vastaavilla puristusleuoilla, kun taas käämijohdinten puristaminen liittimiin, joiden nimellispoikkipinta-ala on  $240$  tai  $630 \text{ mm}^2$ , tehdään Elpress V250-puristuspäällä ja vastaavilla puristusleuoilla. Katso taulukot 7 ja 8. /1/



**Taulukko 7.** Käämijohdinten puristaminen liittimiin V1300 puristuspäällä, leuat ja puristusmäärät (Elpress).

Poikkipinta- ala, mm <sup>2</sup>	Leuan n:o	Puristusten määrä
35	13B13L	1
50	13B14, 5L	1
70	13B17L	1
95	13B20L	1
120	13B22L	2
150	13B25L	2
185	13B27L	2
240	13B30L	2

150 - 240 mm<sup>2</sup>:n liittimelle voidaan vaihtoehtoisesti käyttää V1300-päätä edellä esitetyllä tavalla. (Huomaa kuitenkin, että koosta 185 mm<sup>2</sup> alkaen pyöröstämiseen tarvitaan aina V250-pää.) /1/

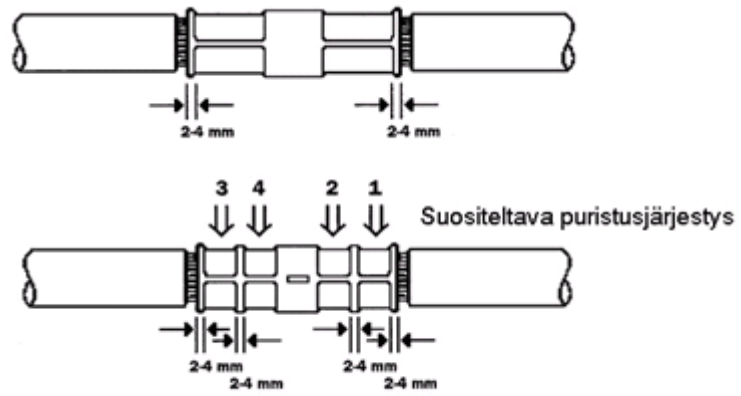
**Taulukko 8.** Puristaminen V250 päällä ja oikeat puristusleuat ja puristusmäärät (Elpress).

Poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>	Leuan n:o	Puristusten määrä
150	B2525L	1
185	B2527L	1
240	B2530L	1
300	B2532L	1
400	B2538L	2
500	B2542L	2
630	B2550L	3

## 7.5 Käämijohdinten puristamisen työnkulku ja tarkastus

1. Aseta puristusleuat leuanpidikkeisiin tai suoraan puristuspäähän siten, että jousipallo ottaa kiinni ja leuat ovat suorassa ja pysyvät paikoiltaan. On tärkeää, että leuat toimivat ilman sivuttaista siirtymää.
2. Aseta liitin leuan aukkoon ja pidä sitä liikkumatonta ylempää leukaa vasten. Tämä helpottaa asettamista oikeaan kohtaan.

3. Aseta liitin siten, että sen pää tulee noin 2 - 4 mm leuan reunan ulkopuolelle.
4. Paina käynnistyskytkintä ja aja leuat yhteen siten, että ne tarttuvat liittimeen kevyesti. Tarkista asento.
5. Työnnä johtimet loppuun asti liittimen sisään (tämän voi tehdä aiemminkin) ja säädä asentoa tarvittaessa uudelleen.
6. Varmista, että puristusten lukumäärä vastaa edellä olevia taulukoita (taulukot 7 ja 8).
7. Pidä johdinta tiukasti liittimessä, kunnes puristusvoima varmistaa asennon. Purista yhdellä kertaa keskeytyksettä. Leuan liike pysähtyy automaattisesti, kun puristusliitos on valmis, ja leuka vetäytyy takaisin.
8. Jos on olemassa riski terävien reunojen syntymisestä, tee puristus 90° kulmassa pyörityssuuntaan nähden. Kuivan parafiinin, mehiläisvahhan tai vastaavan voiteluaineen käyttäminen leukojen ja liittimen välissä auttaa välttämään teräviä reunoja. Tarkasta, että leukojen pinnat ovat puhtaat ja sileät.
9. Jos puristus keskeytyy ja päättyy ennen automaattista pysäytystä, puristusliitoksen ominaisuudet ovat vaarassa ja silloin on ryhdyttävä korjaustoimiin. Oikea puristusjärjestys on kuvassa 16. /1/, /13/



**Kuva 16.** Oikea puristusjärjestys.

## 8 LIITINTEN PURISTAMINEN MUIHIN JOHDINTYYPPEIHIN

### 8.1 Säikeiset taipuisat johtimet

Poikkipinta-alat on määritelty IEC-standardissa 60228. Johdinrakenteita on monenlaisia, joista tässä käsitellään säikeisiä- ja taipuisiajohtimia. Käytössä on johdinten poikkipintoja 10 mm<sup>2</sup>:stä 630 mm<sup>2</sup>:iin. Jokaiseen liittimeen on merkitty standardin nimellinen johdinkoko, johon liitin on tarkoitettu. Tällaisissa johtimisissa käytetään Elpressin kaapelikenkätyyppejä KRF ja jatkosliittimiä tyyppiä KSF. Muuntajan liitoksiin tulee käyttää kaapeli- ja jatkoliittimiä, joissa loppuliite on L. Tämä tarkoittaa, että liittimet on koestettu IEC 61 238:1 luokan B mukaisesti, esimerkki: KRF50-8L on säikeisille ja taipuisille 50 mm<sup>2</sup> johtimille tarkoitettu kaapelikenkä, jossa on reikä M8-pultille ja joka on tarkoitettu muuntajakäyttöön. Liitteessä 1 on eri johdintyyppien kanssa käytettävät liittimet. /1/

#### 8.1.1 Puristuspään ja leukojen valinta

Pyöreiden johdinten (ei käämijohdinten) puristamiseen on syytä käyttää seuraavia työkaluja ja puristusmääriä. Lisää liitteessä 3.

**Taulukko 9.** Pyöreiden johdinten työkalut ja niihin tarvittavat leuat (Elpress).

Poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>	Puristuspää V1300		Puristusten määrä	Puristuspää V250		Puristusten määrä
	Leuan n:o	Leuan pidike		Leuan n:o	Leuan pidike	
10	B8	V1316/18	1			
16	B9	V1316/18	1			
25	B11	V1316/18	1			
35	13B13 tai L		1			
50	13B14,5		1			
70	13B17 tai L		1			
95	13B20 tai L		1			
120	13B22 tai L		2			
150	13B25 tai L		2	B2525L	---	1
185	13B27 tai L	---	2	B2527L	---	1
240	13B30 tai L	---	2	B2530L	---	1
300	13B32 L	---	2	B2532	---	1
400	---	---	-	B2538L	---	2
500	---	---	-	B2542	---	2
630	---	---	-	B2550L	---	3

Tässä tulee varmistaa, että tarvittaessa tulee tehtyä 2 tai 3 puristusta.



### 8.1.2 Pyöreiden johdinten puristaminen – työnkulku

On suositeltavaa tehdä koepuristus puristettavan johdinpaketin kaltaisella koepalalla.

1. Aseta puristusleuat leuanpidikkeisiin tai suoraan puristuspäähän siten, että jousipallo ottaa kiinni ja että leuat ovat suorassa ja pysyvät paikoillaan. On tärkeää, että leuat toimivat ilman sivuttaista siirtymää.
2. Aseta liitin leuan aukkoon ja pidä sitä ylempää leukaa vasten siten, ettei se liiku. Tämä helpottaa asettamista oikeaan kohtaan.
3. Aseta liitin siten, että sen pää tulee noin 2 - 4 mm leuan reunan ulkopuolelle.
4. Paina kauko-ohjaimen valkoista käynnistyskytkintä ja aja leuat yhteen siten, että ne tarttuvat liittimeen kevyesti. Tarkista asento.
5. Työnnä johtimet loppuun asti liittimen sisään (tämän voi tehdä aiemminkin) ja säädä asentoa tarvittaessa uudelleen.
6. Varmista, että puristusten lukumäärä vastaa taulukkoa 9.
7. Pidä johdinta tiukasti liittimessä kunnes puristusvoima varmistaa asennon. Puristus on syytä tehdä yhdellä kertaa keskeytyksettä. Leuan liike pysähtyy automaattisesti, kun puristusliitos on valmis ja leuka palautuu.
8. Kuivan parafiinin, mehiläisvahnan tai vastaavan voiteluaineen käyttäminen leukojen ja liittimen välissä auttaa välttämään teräviä reunoja.
9. Puristuksen keskeytyessä ennen automaattista pysäytystä, puristusliitoksen ominaisuudet ovat vaarassa ja on ryhdyttävä korjaustoimiin.

Puristusliitoksen tarkastus tehdään samalla tavalla kuin edellä ja taulukosta 10 löytyy sallittu puristusleuan enimmäiskorkeus eri johdin poikkipinnoille. /1/

**Taulukko 10.** Puristusliitoksen enimmäiskorkeus määrättyllä leualla ja johtimen-poikkipinnalla.

Poikkipinta-ala, mm <sup>2</sup>	Puristusleuan n:o	N max. mm
10	B8	6,4
16	B9	7,4
25	B11	8,8
35	13B13 tai L	10,3
50	13B14,5	11,4
70	13B17 tai 13B17L	13,5
95	13B20 tai 13B20L	16,5
120	13B22 tai 13B22L	16,3
150	13B25/L tai B2525L	20,3
185	13B27/L tai B2527L	20,6
240	13B30/L tai B2530L	23,4
300	13B32 tai B2532	24,6
400	B2538/L	30,5
500	B2542	30,5
630	B2550L	38,0

### 8.1.3 Täyttäminen säikeistä ja taipuisia johtimia puristettaessa

Joissakin tapauksissa ei löydy oikeankokoista liittintä johtimeen ja tällöin tulee liittimen täyttämisen kysymykseen. Täyttämisen tulee tarpeen, kun johdin puristetaan päittäisliittimeen, joka on tavanomaista suurempi sen vuoksi, että liittimen toisessa päässä on suurempi johtimen poikkipinta-ala tai kun kaksi pyöreää johdinta on puristettu liittimeen, joka on suurempi kuin kahden johtimen yhteispoikkipinta-ala. Kuitenkin tulee tietää, että täyttämisen on mahdollista vain kahteen seuraavaan liitinkokoon asti, esimerkiksi 50 mm<sup>2</sup>:sta 95 mm<sup>2</sup>:n enimmäiskokoon. On myös hyvä käyttää muutamaa säiettä lisää hyvän liitoksen varmistamiseksi. /1/

Esimerkiksi:

”Pyöreässä johtimessa on 19 kappaletta halkaisijaltaan 2,17 mm:n johdinta, yhteensä 70 mm<sup>2</sup>.

Jos on käytettävä 95 mm<sup>2</sup>:n liitintä, täytön on ylitettävä tämä pinta-ala.

Tämä tarkoittaa >25 mm<sup>2</sup>.

Kunkin johdinsäikeen pinta-ala on  $(70/19 =) 3,68$  mm<sup>2</sup>, ja 25 mm<sup>2</sup>:n lisäykseen tarvitaan  $25/3,68 = 6,8 = 7$  säiettä”. /1/

## 9 KAKSI PYÖREÄ JOHDINTA

Joskus esiintyy sellaisia liitoksia, jotka tulee toteuttaa kahdella pyöreällä johtimella, jotka tulee kytkeä samaan kaapelikenkään tai päittäisliittimeen samaan päähän. Kaikkien johdinten tulee olla IEC 60 228:n mukaiset. Tässä käsitellään kaapelikojoja 50 mm<sup>2</sup>:stä 240 mm<sup>2</sup>:iin. Johtimen poikkipinta-ala ja siihen tarvittavat kaapelikengät tai jatkosliittimet ovat taulukossa 11. /1/

Liitinosa valitaan samalla tavalla kuin edellä käämijohtimia puristettaessa ja liittimessä tulee olla merkittynä liittimen nimellinen poikkipinta-ala, jota varten liitin on tehty. Liittimen koko tulee valita kahden johtimen yhteisestä poikkipinta-alasta, koska molemmat johtimen päät tulevat samaan päähän. Täyttäminen ja puristaminen tehdään samalla tavalla kuin yhden pyöreän johtimen täyttäminen ja puristaminen (kohta 7.1.3 Täyttäminen säikeistä ja taipuisia johtimia puristettaessa ja 7.1.2 Pyöreiden johdinten puristaminen –työn kulku). /1/

**Taulukko 11.** Johdinten poikkipinta-ala ja tarvittava kaapelikengä tai jatkosliitin.

<b>Johtimet</b>	<b>Kaapelikengä</b>	<b>Jatkosliitin</b>
2 x 50 mm <sup>2</sup>	KRF 95-xxL	KSF95L
2 x 70 mm <sup>2</sup>	KRF150-xxL	KSF150L
		Huom. täytettävä paksuuteen >150 mm <sup>2</sup>
2 x 95 mm <sup>2</sup>	KRF150-xxL	KSF150L
2 x 120 mm <sup>2</sup>	KRF240-xxL	KSF240L
2 x 150 mm <sup>2</sup>	KRF300-xxL	KSF300L
2 x 240 mm <sup>2</sup>	KRF400-xxL	KSF400L

### 9.1 Kaksoisjohdinten pyöristystyökalujen ja työtavan valinta

Kahden pyöreän johtimen pyöristäminen tulee tarpeelliseksi, kun johdinpaketti ei muuten sovi liittimeen. Tässä käytetään taulukossa 12 olevia työkaluja: /1/



**Taulukko 12.** Kahden pyöreän johtimen pyöristäminen ja poikkipinta-alan pienentäminen.

Liittimen koko mm <sup>2</sup>	V1300, pyöristys-		V250, pyöristys-	
	leuan n:o	matriisin n:o	leuan n:o	matriisin n:o
95	13R15DL	13R15ML		
150	13R19DL	13R19ML		
240			25R24DL	25R24ML
300			25R26DL	25R26ML
400			25R30DL	25R30ML

”Pyöristysmenettely on seuraava:

- Poista johtimen eristettä ainakin 1,5 kertaa liittimen asennussyvyyden verran. Mitä pidemmältä matkalta eristettä poistetaan, sitä vähemmän johtimet taipuvat.
- Aseta erilliset johtimet rinnakkain toistensa päälle ja sido ne yhteen nippusiteillä tai vastaavilla jonkin matkan päästä pyöristysalueesta. Varmista, että johtimet ovat samanpituisia, niin että koko paketin poikkipinta-ala on sama.
- Pyöristystyökalujen pituudet vastaavat kyseisen liittimen asennussyvyyttä. Paketti on tämän vuoksi työnnettävä sisään rajoittimeen asti, jotta pyöristyksen pituus olisi oikea.
- Varmista, että käytät edellä olevan taulukon mukaisesti oikeaa pyöristystyökalua.
- Kun pyöristys alkaa, varmista, että johtimet on oikein asetettu toistensa päälle työkalun liikesuunnassa. Tee tarvittavat säädöt ennen merkittävän pyöristyksen syntymistä. Tämän jälkeen pyöristys tehdään yhdellä kertaa. Koepyöristä joitakin samanlaisen paketin muodostavia jätepaloja ennen lopullisen pyöristämisen aloittamista.” /1/

## 9.2 Pyöreiden kaksoisjohdinten puristaminen

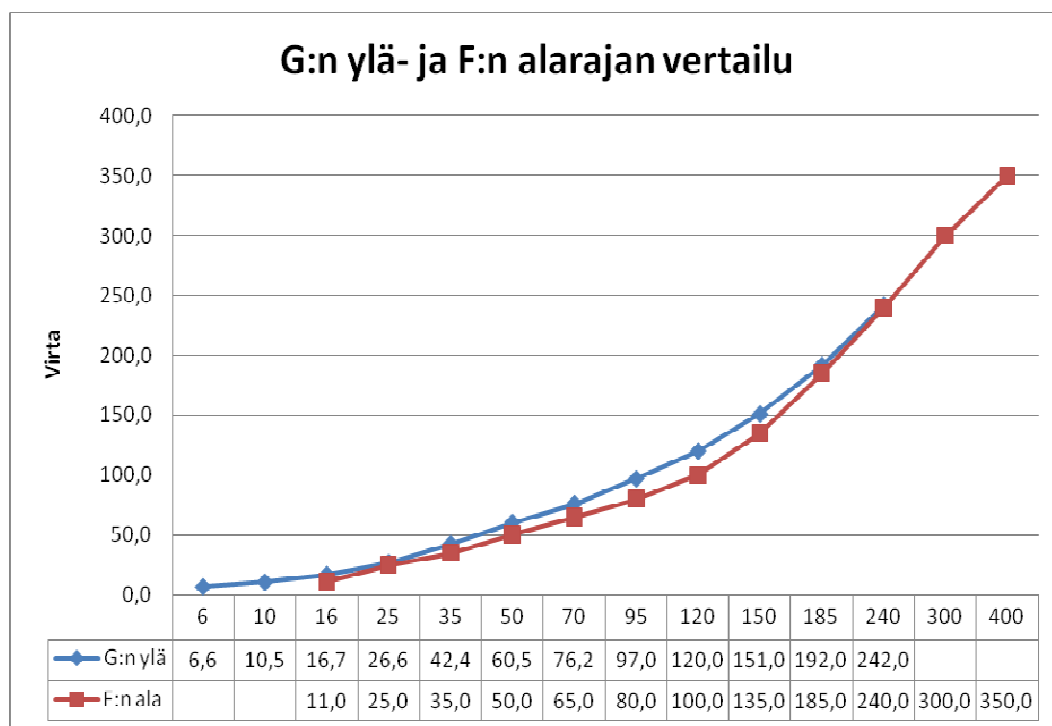
Kaksoisjohdinten puristaminen tehdään taulukon 13 mukaisesti

**Taulukko 13.** Puristamiseen tarvittavat leuat ilman täyttöä (Elpress).

Nimell. liittimen poikkipinta- ala, mm <sup>2</sup>	Pää V1300			Pää V250		
	Leuan n:o	Pidikkeet	Pur. määrä	Leuan n:o	Pidikkeet	Pur. määrä
95	13B20		1			
95	13B20L	---	1			
150	13B25 tai L	---	2			
150				B2525L	---	1
240	13B30L	---	2			
240				B2530L	---	1
300				B2532		1
400				B2538L	---	2

## 10 AMP: N W-PURISTUSLIITOKSIEN TUTKIMINEN

Ennen jakelu- ja suurmuuntajatehtaiden (G ja F) yhdistymistä molemmissa tehtaissa oli omat kaapelien puristusohjeet. Uusi puristusohje liitteessä 14. Tehtaiden yhdistyessä vuonna 2005 molemmat ohjeet tulivat käyttöön ja niissä oli ristiriitoja kaapelipoikkipinnan ja sen käyttöalueen välillä. Käytössä on AMP:n W-puristusliitos ja se on todella hyvä liitos kestävyytensä ja helpon asennustavan perusteella. Liitos ei tarvitse täyttämistä, kuten esimerkiksi Elpressin ”heksa” liitos joissakin tapauksissa tarvitsee. Esimerkiksi G-tehtaan ohjeessa käyttöalueen ylärajaa ja F-tehtaan alarajaa vertailtaessa huomataan, että molemmat ohjeet ovat yhtä aikaa käytössä, vain liitinkoot 25 mm<sup>2</sup>:stä 240 mm<sup>2</sup>:iin. Nämäkin koot ovat vain käytössä todella suppealla alueella, koska toisesta on käytössä ala- ja toisesta yläraja eli käytännössä toinen ohje kieltää määrätyn liitoksen puristamisen ja toinen taas vastaavasti sallii puristusliitoksen tekemisen. Tulee myös huomata, että F:n ohje alkaa vasta 16 mm<sup>2</sup> ja loppuu 400 mm<sup>2</sup> liittimiin, kun taas vastaavasti G:n ohje alkaa jo 6 mm<sup>2</sup> ja loppuu 240 mm<sup>2</sup> liittimiin. Kuva 17 selventää paremmin tutkimustulosta.

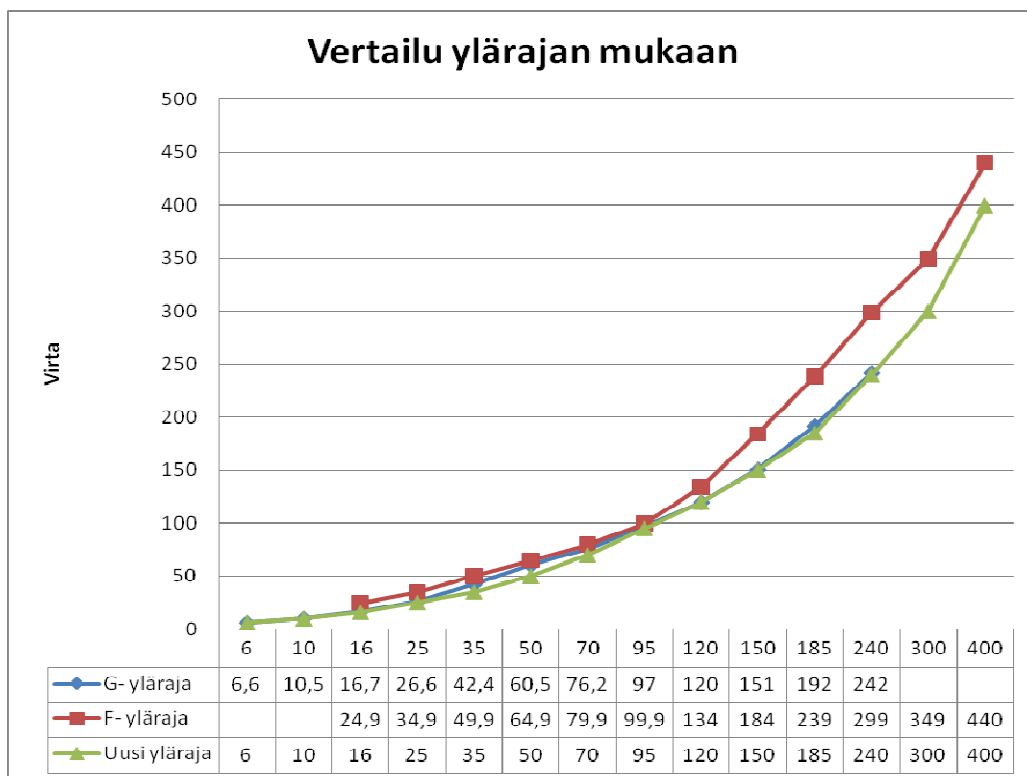


**Kuva 17.** Kahden vanhan ohjeen vertailu (G:n yläraja ja F:n alaraja)

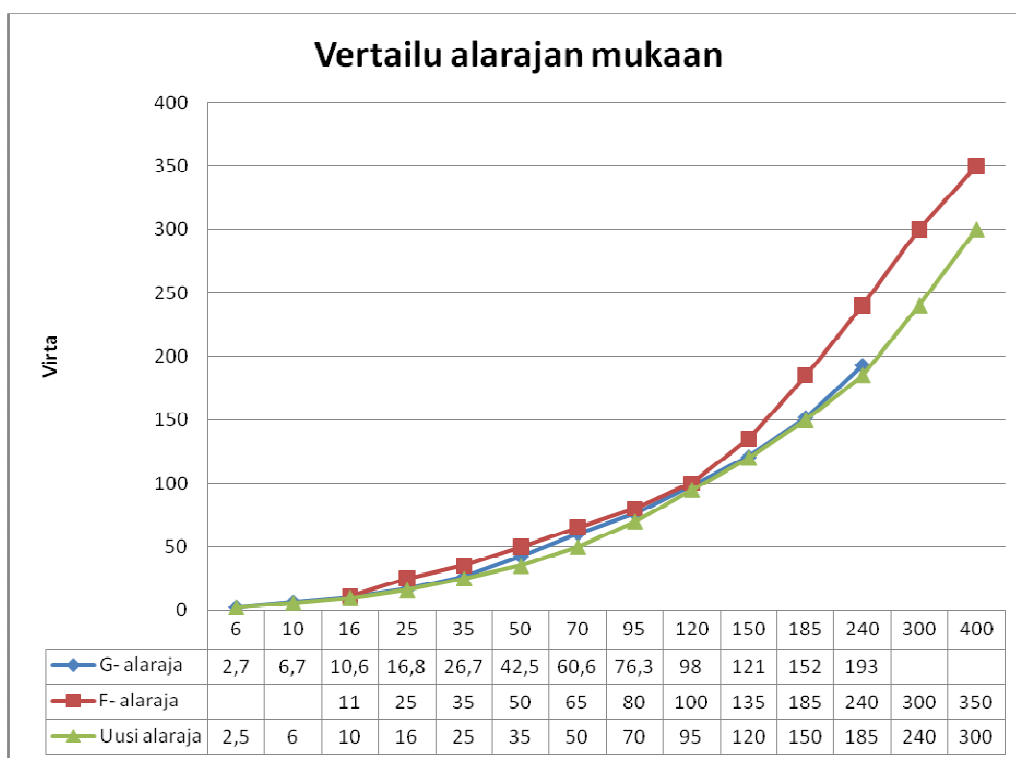
Vertailtaessa puristusohjetta, joka on tehty G:n ja F:n puristusohjeet yhdistämällä ja yksinkertaistamalla, voidaan graafista havaita, että uusi ohje on lähempänä G:n vanhaa ohjetta kuin F:n vanhaa. Yhdistys on tehty sillä periaatteella, että aina edellisen koon käyttöalueen maksimi on seuraavan liitinkoon minimi. Taulukko 14 selventää asiaa paremmin. Kuvissa 18 ja 19 on vertailtu eri puristusohjeiden käyttöalueen ala- ja ylärajoja toisiinsa.

**Taulukko 14.** Uusi W-puristusohje AMP:n puristustyökaluille.

Liitin koko (mm <sup>2</sup> )	Liittimen käyttöalue (mm <sup>2</sup> )
6	2,5-6,0
10	6,0-10,0
16	10,0-16,0
25	16,0-25,0
35	25,0-35,0
50	35,0-50,0
70	50,0-70,0
95	70,0-95,0
120	95,0-120,0
150	120,0-150,0
185	150,0-185,0
240	185,0-240,0
300	240,0-300,0
400	300,0-400,0



**Kuva 18.** Puristusohjeiden vertailu käyttöalueen ylärajan mukaan.



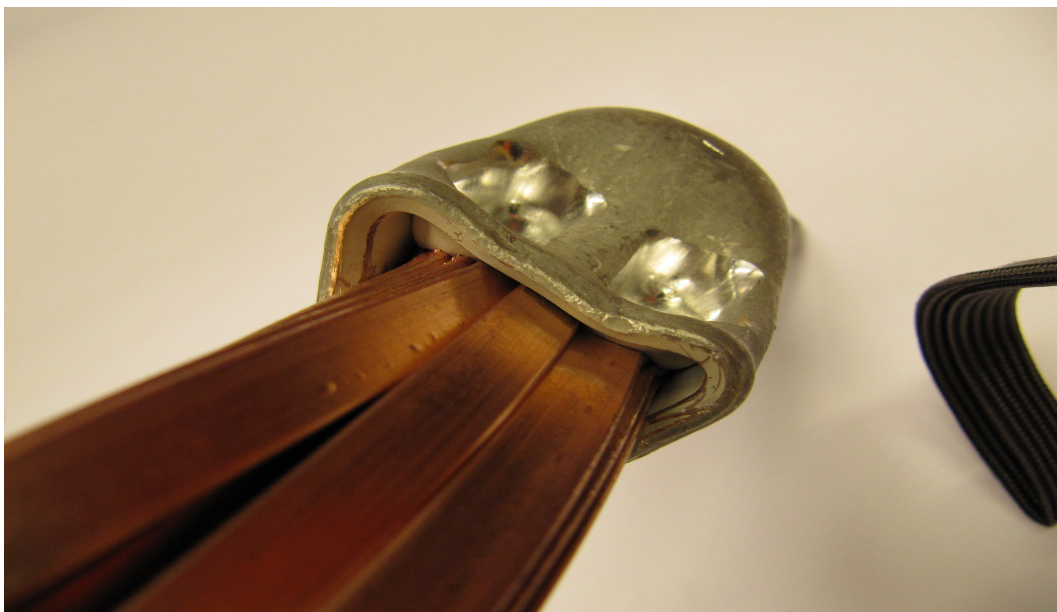
**Kuva 19.** Puristusohjeiden vertailu käyttöalueen alarajan mukaan.

## 11 KOEJÄRJESTELYT

Päätettiin, että kokeet suoritetaan erikokoisilla liittimillä ja puristustyökaluna käytetään AMP:n puristustyökaluja. Koekappaleiden valmistus aloitettiin valmistamalla jokaisesta liitinkoosta 6 mm<sup>2</sup>:sta 400 mm<sup>2</sup>:een ala- ja yläraja. Taulukosta 14 nähdään käyttöalueen minimi ja maksimi eli ala- ja yläraja. Koekappaleissa oli Ounevan kaapelikengät molemmissa päissä ja päittäisliitin keskellä eli yhteensä neljä samanlaista liitosta. Poikkeuksena olivat 185 mm<sup>2</sup>:n ja 400 mm<sup>2</sup>:n liittimet, joihin ei ole Ounevan liittimiä ja niissä käytettiin Elpressin liittimiä. Näitä tehtiin kolme kappaletta jokaisesta liitinkoosta ja näin saatiin yhdestä koosta aina 12 samanlaista liitosta. Vertailun vuoksi tehtiin 4 kappaletta liitoksia 2 kpl 95 mm<sup>2</sup> ja 2 kpl 150 mm<sup>2</sup> Elpressin alarajalle. Näin saatiin vertailtua AMP:ia ja Elpressiä keskenään. Haastavinta tässä oli löytää oikea poikkipinta-ala jokaisella liitinkoolle, koska kuparilangat oli kerätty tuotannosta ylimääräiseksi jääneistä paloista. Jokaisessa samankokoisessa liitoksessa tulee käyttää samoja lankakokoja, jotta liitokset ovat yhtenäisiä. Kuvissa 20-23 on mallit koekappaleista ja oikeanlaisesta puristusmenetelmästä.



**Kuva 20.** Kuvassa 400 mm<sup>2</sup> koekappale.



**Kuva 21.** 400 mm<sup>2</sup> kaapelikenkä puristettuna.



**Kuva 22.** Vasemmanpuoleisessa liittimessä on käytetty oikeankokoista puristusleukaa.



**Kuva 23.** Koekappaleet valmiina kokeita varten. Yhteensä 88 kappaletta ja 352 liitosta.

### 11.1 Ylimenovastuksen mittaaminen

Koekappaleille tehtiin ylimenovastuskoe, jolla saadaan tietoon liitoksien ylimenoresistanssit. Virtatiheytenä käytettiin  $3,6 \text{ A/mm}^2$ , mikä on suunnittelijoiden käyttämä keskimääräinen virtatiheys. Kokeessa koekappaleeseen syötetään virtaa, joka on 10 % kaapelin nimellisvirrasta. Esimerkiksi  $6 \text{ mm}^2$ :n syöttövirran laskeminen on esitetty alla.

$$\text{Syötettävä virta} = \frac{\text{Liitinkoko} \cdot \text{virtatiheys}}{10\%} \quad (4)$$

$$\frac{6 \cdot 3,6}{10\%} = 2,16 \text{ A}$$

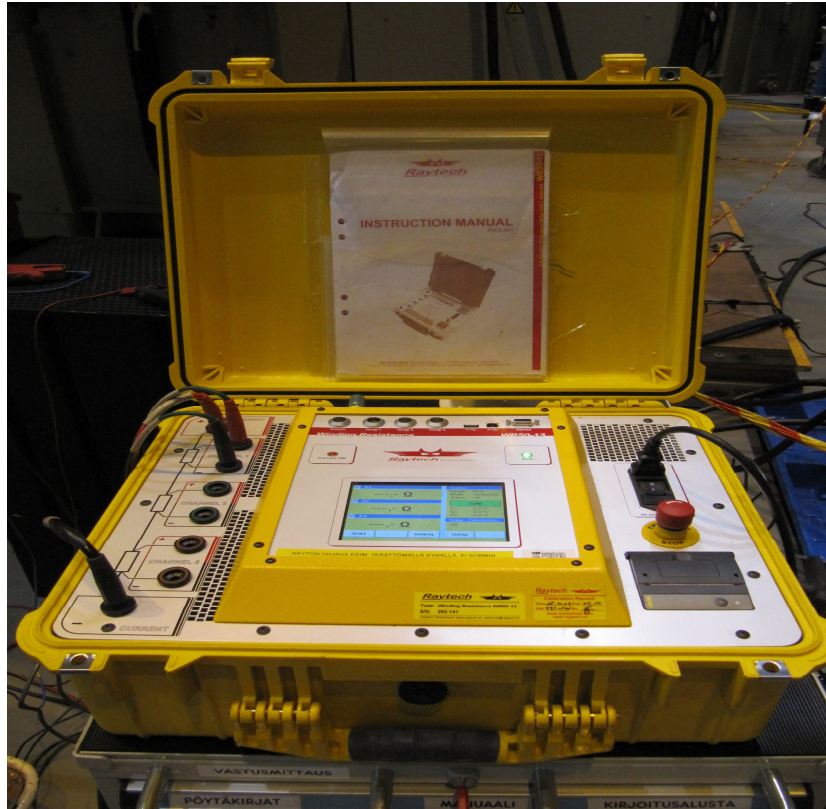


Mittaukset suoritettiin muuntajatehtaan Emmi koekentällä ja laitteistona oli Transformers test system TTS 2285 eli laitteisto, jolla tehdään muuntajillekin sähköisiä kokeita ennen lähetystä asiakkaalle. Laitteiston kalibrointi oli suoritettu ajallaan ja se oli voimassa. Mittaukset varmistettiin vielä toisellakin laitteella, joka on manuaalin mukaan tarkempi. Laite oli Raytech WR50-13 ja laitteen kalibrointi oli tehty myös ajallaan. Molemmat laitteet antoivat samoja tuloksia eli molempien tulokset olivat hyväksyttäviä. Kuvissa 24 ja 25 on mittauksissa käytössä olleita laitteita.

Mittauksia tehtäessä havaittiin, että koekappaleiden tulee olla tarkalleen samannäköisiä. Kappaleiden eri pituus aiheuttaa tuloksissa suuriakin heittoa resistanssien arvoissa, varsinkin pienillä kaapelipoikkipinnoilla. Tarkkuutta vaatii myös jännitepäiden kiinnittäminen koekappaleeseen, koska jännitepäiden väliin jäävästä osasta laite mittaa ylimenoresistanssiarvon. Työssä käytettiin merkinä jännitepäille kaapelikenkien korkeinta kohtaa, joka syntyy puristuskohtaan viereen. Punaisissa päissä on virta ja mustissa jännite. Kuva 26 selventää paremmin tilannetta.



**Kuva 24.** Transformers test system TTS 2285.



**Kuva 25.** Raytech-ylimenovastuksen mittauksessa käytetty laite.



**Kuva 26.** Koekappale kiinnitettynä mittauslaitteeseen.

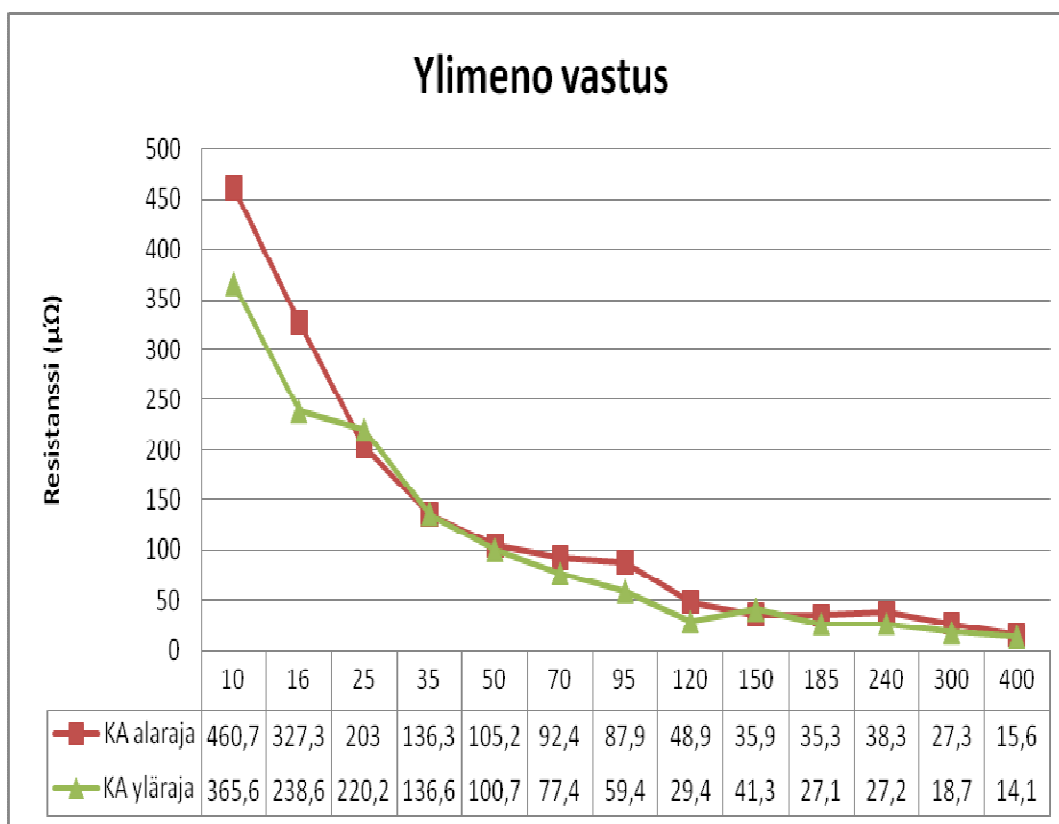
Taulukoissa 15 ja 16 on ylimenovastus mittauksessa saadut resistanssit jokaiselle liitinkoolle, niin ala- kuin yläkäyttöalueelle. Taulukossa 17 vertailtiin ylimenovastuksia keskenään ala- ja ylärajan suhteen. Graafista selviää, että johtimen poikkipinta-alan kasvaessa ylimenovastus pienenee ja näin saamme häviöitä myös pienennettyä.

**Taulukko 15.** Ylimenovastusmittauksessa saadut tulokset alarajoille.

Liitin mm <sup>2</sup>	Resistanssi $\mu\Omega$ alaraja		
	koekappale 1	koekappale 2	koekappale 3
6	1152,00	990,00	1112,00
10	509,32	483,64	389,02
16	322,50	331,50	328,00
25	202,50	200,50	206,00
35	133,00	145,80	130,20
50	102,80	106,20	106,60
70	88,81	96,49	91,84
95	87,28	89,97	86,35
120	42,56	51,91	52,29
150	33,65	40,02	33,99
185	37,05	33,13	35,75
240	34,73	39,87	40,18
300	24,85	28,02	28,91
400	15,79	15,39	15,67

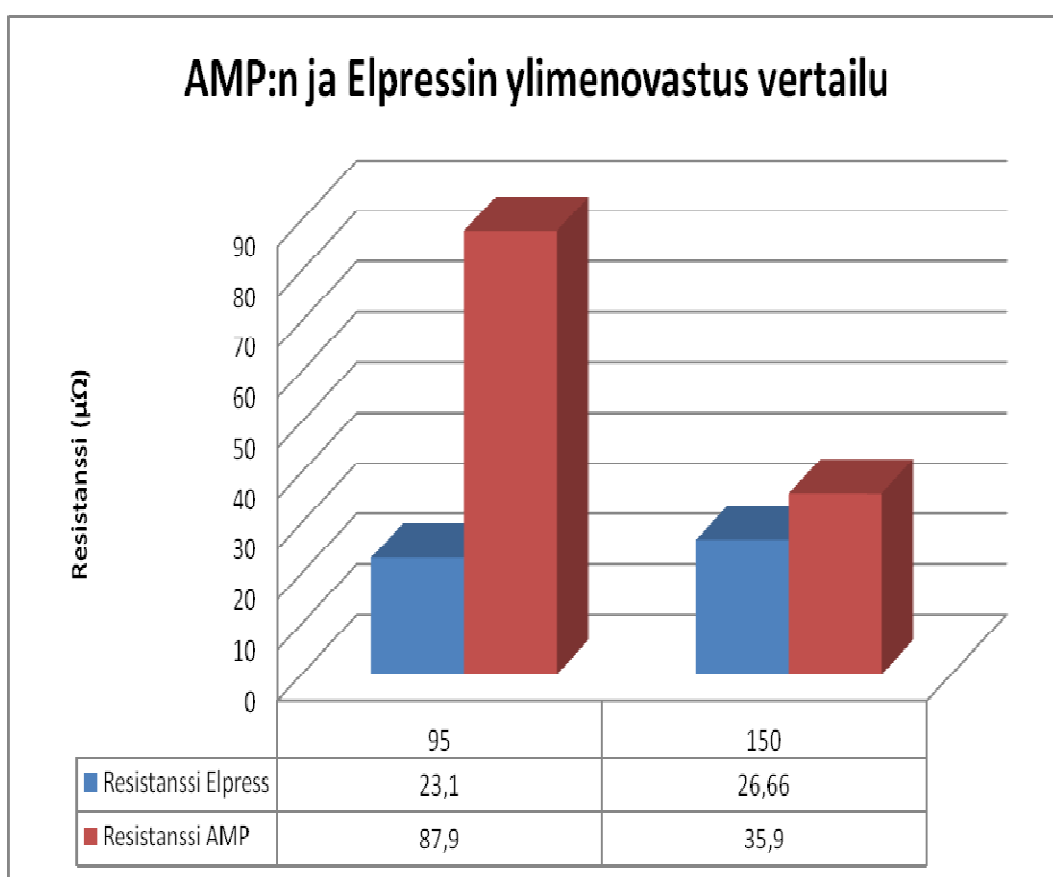
**Taulukko 16.** Ylimenovastusmittauksessa saadut tulokset ylärajoille.

Liitin mm <sup>2</sup>	Resistanssi $\mu\Omega$ yläraja		
	koekappale 1	koekappale 2	koekappale 3
6	396,37	446,17	409,25
10	402,36	402,37	469,48
16	244,25	242,37	229,23
25	236,87	211,40	212,19
35	137,30	137,19	135,46
50	103,82	91,48	106,93
70	77,73	77,15	77,36
95	62,52	55,79	59,89
120	29,26	27,24	31,60
150	38,58	43,88	41,53
185	26,87	27,69	26,85
240	23,10	27,75	30,83
300	18,76	17,50	19,96
400	14,89	13,78	13,50

**Taulukko 17.** Ylimenovastuksien vertailua ala- ja ylärajoilla.

Ylimenovastuskokeessa otettiin myös vertailuksi 4 kappaletta Elpressillä puristettuja koekappaleita. Tällä saatiin mahdolliseksi vertailla AMP:n ja Elpressin puristuksia keskenään. Molemmat liitokset ovat kunkin liitinkoon alarajalla. Taulukossa 18 on graafi, josta näkee vertailutulokset. Elpressillä saadaan aikaan pienempi ylimenovastus. Tämä johtuu siitä, että Elpress tarvitsee enemmän kaapelipoikkipintaa verrattuna AMP:n saman kokoiseen liittimeen.

**Taulukko 18.** AMP:n ja Elpressin ylimenovastusvertailua keskenään, liitinkoot 95 mm<sup>2</sup> ja 150 mm<sup>2</sup>.



## 11.2 Vetokoe

Vetokokeet tehtiin Vaasan AMK:lla technobothnia laboratoriossa, jossa laitteena toimi venäläinen Spetano U-10-1. Voima-anturina käytettiin PSTU 2-100, 100 kN ja laitteen mittauskortti oli Data Translation DT302, 12 bit. Kalibroinnin on suorittanut VTT (kalibrointitodistus no: KTUO74-04126). Kuvassa 28 on vetolaite ja siihen kytketty koekappale ja kuvassa 29 kiinnitetty koekappale. Standardin IEC

61238-1 mukaan kaapelikenkien ja päittäisliittimien tulee kestää taulukon 18 antaman voiman.

**Taulukko 19.** Liitoksen kestävyys.

Aine	Vetolujuus (N)
Kupari	60xA

Esimerkiksi

Liitin on 50 mm<sup>2</sup> ja johtimen poikkipinta-ala on 50 mm<sup>2</sup>. Voima, jonka liitoksen tulee kestää on:

$$60 \times 50 \text{ mm}^2 = 3000 \text{ N}$$



**Kuva 27.** Spetano U-10-1 vetolaite ja siihen kytketty koekappale.



**Kuva 28.** Vetolaitteeseen kiinnitetty kappale valmiina vetokokeeseen.

Koekappaleet kiinnitettiin vetolaitteeseen kaapelikengillä vetolaitteessa oleviin valmiisiin kiinnityspisteisiin. Kiinnitys onnistuu helposti, koska kaapelikengissä on valmiit reiät. Koekappaleet, joissa 12 mm kiinnitysreikä, kiinnitettiin pultilla käsin kiristäen. Kaapelikengät 16 mm reiällä kiristettiin vastaavasti pulttipyssyllä. Osa koekappaleista kiristettiin momenttiin, johon ne kiinnitetään muuntajassakin. Tapauksissa, joissa oli vaarana kaapelikengän rikkoutuminen, käytettiin aluslaattaa ja jousiprikkaa pultin alla.

Liitoksien kestäessä ja kaapelikengän ollessa heikoin lenkki havaittiin, että ei ole merkitystä onko kaapelikengät kiristetty momenttiin vai satunnaisesti kiristetty. Määrätyn kiristysvoiman jälkeen priikka painuu vain syvemmälle kaapelikengään, ja tämän vuoksi pintapaine ei enää lisääny ja liitos pysyy samalla kireydellä kuin ennen kiristystä. Taulukoissa 19-34 on vetokokeessa saadut tulokset erikokoisille liittimille.

### 11.2.1 Vetokoetulokset

**Taulukko 20.** Liitinkoko  $6 \text{ mm}^2$ . Ylärajan tulee kestää standardin mukaan  $0,3 \text{ kN}$  ja alarajan  $0,15 \text{ kN}$ . Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Ylärajalla kappaleissa 1 ja 3 johtimet menivät puristuskohdasta poikki. Muut johtimet luistivat kaapelikengistä irti.

Yläraja $6 \text{ mm}^2$	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	1,172	x	x	
2	0,781		x	
3	1,074	x		
4	1,074		x	
5	1,025		x	
6	1,123		x	
Alaraja $6 \text{ mm}^2$				
1	0,879		x	
2	0,83		x	
3	0,732		x	
4	0,781		x	
5	0,635		x	
6	0,586		x	



**Taulukko 21.** Liitinkoko 10 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 0,54 kN ja alarajan 0,3 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Ylärajalla johtimet menivät poikki puristuskohdasta ja alarajalla ne luistivat irti.

Yläraja 10 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikenkä hajosi
1	1,953	x pur.kohta		
2	1,611	x pur.kohta		
3	2,148	x pur.kohta		
Alaraja 10 mm <sup>2</sup>				
1	1,025		x	
2	0,928		x	
3	1,025		x	

**Taulukko 22.** Liitinkoko 16 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 1,02 kN ja alarajan 0,54 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Ylärajalla johtimet luistivat irti ja alarajalla 1 luisti irti ja 2:sta johtimet katkesivat puristuskohdasta.

Yläraja 16 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikenkä hajosi
1	2,002		x	
2	2,051		x	
3	2,344		x	
Alaraja 16 mm <sup>2</sup>				
1	2,051		x	
2	2,295	x		
3	2,197	x		

**Taulukko 23.** Liitinkoko 25 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 1,38 kN ja alarajan 0,9 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Kaikki johtimet luistivat irti liitoksista.

Yläraja 25 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikenkä hajosi
1	2,686		x	
2	1,953		x	
3	2,979		x	
Alaraja 25 mm <sup>2</sup>				
1	1,855		x	
2	1,66		x	
3	1,709		x	

**Taulukko 24.** Liitinkoko 35 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 2,04 kN ja alarajan 1,5 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Kaikki johtimet luistivat irti liitoksista. 1 päittäisliittimestä ja muut kaapelikengistä.

Yläraja 35 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikenkä hajosi
1	3,223		x	
2	2,734		x	
3	2,93		x päittäisl.	
Alaraja 35 mm <sup>2</sup>				
1	3,809		x	
2	3,809		x	
3	4,541		x	

**Taulukko 25.** Liitinkoko 50 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 3,0 kN ja alarajan 2,04 kN. Ylärajalla yksi koekappale ei kestänyt standardin vaatimuksia, mutta kaksi muuta kestivät. Alarajalla kaikki koekappaleet kestivät standardin vaatimukset. Tällä liitinkoolla koekappaleet luistivat pääsääntöisesti päittäisliittimestä.

Yläraja 50 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikenkä hajosi
1	4,39		x päittäisl.	
2	2,54		x päittäisl.	
3	3,22		x	
Alaraja 50 mm <sup>2</sup>				
1	4,98		x päittäisl.	
2	4,64		x päittäisl.	
3	4,44		x päittäisl.	

**Taulukko 26.** Liitinkoko 70 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 4,2 kN ja alarajan 2,82 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Johtimet luistivat irti pääsääntöisesti päittäisliittimestä.

Yläraja 70 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	9,38			x
2	9,18		x päittäisl.	
3	8,2		x päittäisl.	
Alaraja 70 mm <sup>2</sup>				
1	4,64		x päittäisl.	
2	5,76		x päittäisl.	
3	5,13		x päittäisl.	

**Taulukko 27.** Liitinkoko 95 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 5,52 kN ja alarajan 4,14 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Ylärajalla johtimet luistivat irti ja alarajalla kaapelikengät hajosivat.

Yläraja 95 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	10,64		x	
2	11,87		x	
3	12,60		x	
Alaraja 95 mm <sup>2</sup>				
1	13,77			x
2	14,45			x
3	13,87			x

**Taulukko 28.** Liitinkoko 120 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 7,14 kN ja alarajan 5,64 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Johtimet luistivat irti pääsääntöisesti päittäisliitimistä.

Yläraja 120 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikenkä hajosi
1	11,23		x päittäisl.	
2	11,28		x päittäisl.	
3	10,30		x päittäisl.	
Alaraja 120 mm <sup>2</sup>				
1	11,62		x	
2	7,81		x päittäisl.	
3	6,98		x päittäisl.	

**Taulukko 29.** Liitinkoko 150 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 9,12 kN ja alarajan 7,20 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Johtimet luistivat pääsääntöisesti irti liitoksesta.

Yläraja 150 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikenkä hajosi
1	16,6		x	
2	16,26		x	
3	19,19			x
Alaraja 150 mm <sup>2</sup>				
1	22,66		x	
2	16,99		x	
3	14,01		x päittäisl.	

**Taulukko 30.** Liitinkoko 185 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 11,1 kN ja alarajan 9,0 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Kaapelikengät pettivät kaikista koekappaleista.

Yläraja 185 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	17,77			x
2	16,31			x
3	16,85			x
Alaraja 185 mm <sup>2</sup>				
1	18,70			x
2	16,75			x
3	16,99			x

**Taulukko 31.** Liitinkoko 240 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 14,4 kN ja alarajan 10,92 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Johtimet luistivat jokaisesta koekappaleesta irti kaapelikengästä.

Yläraja 240 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	17,63		x	
2	18,16		x	
3	25,05		x	
Alaraja 240 mm <sup>2</sup>				
1	10,99		x	
2	18,31		x	
3	16,46		x	

**Taulukko 32.** Liitinkoko 300 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 18,0 kN ja alarajan 14,4 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Johtimet irtosivat pääasiassa päittäisliittimestä.

Yläraja 300 mm <sup>2</sup>	Voima F / kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	22,46		x sitten luisti	x päittäisl.
2	32,08		x päittäisl.	
3	26,90		x	
Alaraja 300 mm <sup>2</sup>				
1	21,68		x päittäisl.	
2	22,51		x päittäisl.	
3	24,41		x	

**Taulukko 33.** Liitinkoko 400 mm<sup>2</sup>. Ylärajan tulee kestää standardin mukaan 23,94 kN ja alarajan 18,0 kN. Kaikki koekappaleet kestivät standardin antamat vaatimukset. Ylärajalla kaapelikengät hajosivat ja alarajalla 1:stä hajosi kaapelikengä, 1:stä johtimet luistivat kaapelikengästä ja 1:stä johtimet luistivat päittäisliittimestä.

Yläraja 400 mm <sup>2</sup>	Voima F/kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	38,53			x
2	39,26			x
3	39,5			x
Alaraja 400 mm <sup>2</sup>				
1	37,65			x
2	31,10		x	
3	33,98		x päittäis	

Vertailun vuoksi tehtiin 4 kpl liitoksia Elpressin alarajalle, liitinkoot  $150 \text{ mm}^2$  ja  $95 \text{ mm}^2$ . Tulokset ovat alla olevassa taulukossa 34.

**Taulukko 34.** Elpressin alarajat  $150 \text{ mm}^2$  ja  $95 \text{ mm}^2$ .  $150 \text{ mm}^2$ :n tulee kestää standardin antaman vaatimuksen mukaan 10,8 kN ja  $95 \text{ mm}^2$ :n 10,83 kN. Kaikki liitokset kestivät standardin vaatimukset.  $150 \text{ mm}^2$ :n toisesta koekappaleesta hajosi kaapelikengä ja toisesta johtimet luistivat irti.  $95 \text{ mm}^2$ :n koekappaleissa kaapelikengät hajosivat.

Alaraja $150 \text{ mm}^2$	Voima F/kN	Johtimet katkesivat	Johtimet luistivat	Kaapelikengä hajosi
1	18,85		x	
2	22,07			x
Alaraja $95 \text{ mm}^2$				
1	13,09			x
2	12,50			x



## 12 YHTEENVETO

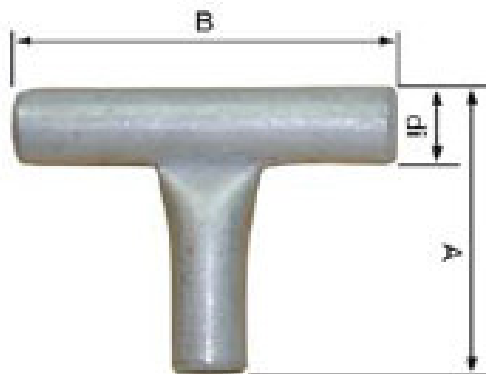
Työn tarkoituksena oli yhdenmukaistaa AMP:illa tehtävien liitoksien tekeminen. Tehtaassa on ollut eri puristusliitostaulukoita ja ne tuli saada yhdeksi kokonaisuudeksi. Tehtaiden yhdistyessä vuonna 2005, molemmat ohjeet tulivat käyttöön ja niissä oli ristiriitoja kaapelipoikkipinnan ja sen käyttöalueen välillä. Uudella ohjeella tehtiin koekappaleet  $6 \text{ mm}^2$ :stä  $400 \text{ mm}^2$ :n asti ala- ja yläkäyttöalueen mukaan. Koekappaleissa on kaapelikengät päissä ja päittäisliitin keskellä eli 4 liitosta aina yhdessä koekappaleessa. Koekappaleita oli samasta koosta aina 3 eli yhteensä liitoksia tuli 12 kappaletta, niin ala- kuin yläkäyttöalueelle.

Koekappaleille tehtiin ylimenovastusmittaukset, joilla saatiin tietoa liitoksesta ja sen johtavuudesta. Kokeessa havaittiin, että mitä enemmän liittimessä on kaapelipoikkipintaa, sitä pienempi on ylimenovastus liittimien välillä. Vetokokeessa saatiin tietoon liitoksen vetolujuuskestävyys, arvona kN.

Lisäksi vetokokeissa havaittiin, että kovetettua ja neliönmuotoista muotolankaa sisältävät liitokset vaativat lisätutkimusta. Kovetettu- ja neliönmuotoinen lanka ei muotoudu samalla tavalla kuin tavallinen lanka. Liittimen ja johtimen kosketuspinta-ala voi jäädä tällöin pieneksi ja liitoksesta voi tulla näin löysä. Tulee varmistua siitä, että liitokset täyttävät standardin vaatimukset. Tarkastella kannattaa myös rinnakkaisliitoksia eli liitosta, jossa on kovetettua lankaa ja hienosäikeistä kuparikaapelia samassa liittimessä. Vaarana voi olla kuparikaapelin säikeitten katkeaminen, kun kovetettu muotolanka puristuu sitä vasten.

### 13 TULEVAISUUS

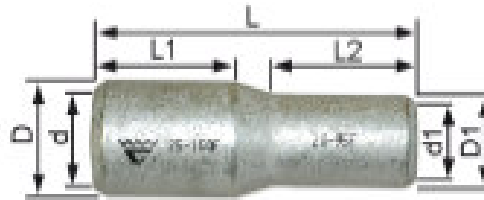
T-liitoksella kytketään kolmeen eri suuntaan johtimia ja tämä helpottaisi mahdollisesti niin suunnittelu- kuin asennustyötäkin joissakin tilanteissa, esimerkiksi säätökäämien kytkemistä käämikytkimeen. T-liitoksia löytyy ainakin Elpressiltä ja niitä on  $35 \text{ mm}^2$ :stä aina  $630 \text{ mm}^2$ :n asti ja niillä saataisiin joissakin tapauksissa käytettyä pienempää poikkipintaa kuin nykyisessä rinnakkaisliitoksessa. Hyötyä olisi kaapeleiden etäisyyksien kasvaminen muuntajan säiliöön. Esimerkiksi voitaisiin käyttää  $150 \text{ mm}^2$  päittäisliittimen tilalla  $70 \text{ mm}^2$ :n T-liitosta. T-liitoksen huonona puolena voidaan pitää liitoksen eristämistä, koska eristepaperia on vaikeampi saada liittimen päälle siten, että paljaita kohtia ei jää. Suurin haitta puoli on tällä hetkellä kuitenkin T-liitoksen hinta, mikä on normaalia päittäisliitintä noin 10 kertaa kalliimpi, johtuen sen valmistuskustannuksista. Kuvassa 30 on T-liitoksesta kuva. Liitteestä 22 (Elpress Trafo ohje) löytyvät kaikki saatavilla olevat liitinkoot.



**Kuva 29.** Elpressin T-liitos.

Toinen uusi tuote olisi supistavapäittäisliitin kuparille eli esimerkiksi toiseen päähän voisi kytkeä  $150 \text{ mm}^2$  ja liittimen toiseen päähän esimerkiksi  $95 \text{ mm}^2$ . Tämä helpottaisi kokoonpanotyötä, koska ei tarvitsisi täyttää liitosta kun sopivat liittimen poikkipinnat on molempiin kaapelikokoihin aina saatavilla. Tätä menetelmää voisi hyödyntää jo suunnittelussa ja näin kokoonpano-ohjeessa olisi valmiiksi kerrottu millaista liitintä mihinkin liitokseen tarvitaan. Haittapuolena voidaan pitää liitinvalikoiman kasvamista, koska jokaista erilaista supistusyhdistelmää tulisi olla hyllyssä saatavilla. Tämä johtaa kustannusten nousuun ja muutenkin supistusliitos

on noin 6 kertaa kalliimpi kuin tavallinen päittäisliitin. Kuvassa 31 on kuva supistetusta päittäisliittimestä. Liitteestä 25 (Elpress Trafo ohje) löytyvät kaikki saatavilla olevat liitinkoot ja niihin tarvittavat puristusleuat.



**Kuva 30.** Supistava päittäisliitin

Kuparikaapelivalikoimaan voitaisiin ottaa suurempia poikkipintoja, esimerkiksi  $300 \text{ mm}^2$ ,  $400 \text{ mm}^2$  ja  $500 \text{ mm}^2$ . Tällä saataisiin yhdellä kaapelilla vietyä määrättyt kytkennät kahden kaapelin sijaan. Esimerkiksi tilanteissa, joissa tulee käyttää  $2 \times 150 \text{ mm}^2$  kuparikaapelia, voitaisiin käyttää yhtä  $300 \text{ mm}^2$ . Tällä saataisiin aikaan puristuskertojen vähentyminen. Ongelmana voi olla kaapelin jäykkyys ahtaissa paikoissa.  $300 \text{ mm}^2$ :n kaapelia on huomattavasti vaikeampi pujotella ahtaissa paikoissa kuin esimerkiksi  $150 \text{ mm}^2$  kaapelia.

## LÄHTEET

- /3/ ABB tänään 2010, powerpoint –esitys
- /9/ ABB –yhtymän normit 2006
- /2/ ABB –yhtymän yleisesitys 2010, powerpoint –esitys
- /8/ Elpress, [viitattu 1.2.2011] Saatavilla Internetissä:  
<URL:<http://www.elpress.se/index.asp?l=21&p=280>
- /1/ Elpress, Työopas 0910-0116GB. Käämijohdinten ja muiden muuntajatuotannossa käytettyjen johdintyyppien puristusliittäminen
- /13/ Elpressin tuoteluettelo, liitosjärjestelmät 2005-2006, kustantaja Elpress, Ruotsi
- /7/ Euroopan komissio, [viitattu 21.1.2011] Saatavilla Internetissä:  
<URL:[http://ec.europa.eu/finland/news/press/101/10779\\_fi.htm](http://ec.europa.eu/finland/news/press/101/10779_fi.htm)
- /12/ Gearseds Educational Systems, pneumatic safety, [viitattu 4.3.2011] Saatavilla Internetissä:  
<URL:<http://www.gearseds.com/curriculum/learn/lesson.php?id=21&chapterid=5>
- /14/ Kansainvälinen standardi IEC 60228

- /15/ Klauke, [viitattu 8.3.2011] Saatavilla Internetissä:<URL:<http://www.klauke.co>
- /10/ Ouneva Group, [viitattu 3.3.2011] Saatavilla Internetissä:<URL:<http://www.ounevagroup.fi>
- /4/ Sähköala, [viitattu 18.1.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:  
[http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/SahkoalaKoti/sahko-ala\\_koti\\_2009/turvallista\\_sahkoa/fi\\_FI/turvalliset\\_sahkolaitteet/](http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/SahkoalaKoti/sahko-ala_koti_2009/turvallista_sahkoa/fi_FI/turvalliset_sahkolaitteet/) >
- /5/ Wideroos Henry 2008. Kupari- ja alumiinijohtimien liittäminen hitsaamalla ja kaarijuottamalla. Tampereen teknillinen yliopisto
- /11/ Wikipedia, [viitattu 4.3.2011] Saatavilla Internetissä:<URL:<http://fi.wikipedia.org/wiki/Paineilma>

## LIITE 1

**Eri johdintyyppien kanssa useimmiten käytettävät liittimet.**



**APPENDIX 2.4.1/1**

### **CONNECTOR ELEMENTS**

	<b>Elpress Doc No.</b>
<b>Tube terminal</b>	<b>0910-001000</b>
<b>Tube terminal 90°</b>	<b>0910-001100</b>
<b>Through connector</b>	<b>0910-001200</b>
<b>T-connector 110°</b>	<b>0910-001300</b>
<b>Terminal for tap changers</b>	<b>0910-001400</b>
<b>Lead-through terminal D20</b>	<b>0910-001500</b>
<b>Lead-through terminal D32</b>	<b>0910-001600</b>
<b>T-connector</b>	<b>0910-001700</b>

**Käämijohtimen puristamiseen käytettävät leuat.**



**Eipress Transformer *Winding* Crimp System - Tool Selection Chart**

Component	Nominal crimp area, mm <sup>2</sup>											
	35 45-70	50 69 - 103	70 100 - 120	95 113 - 161	120 145 - 185	150 180 - 220	185 220 - 265	240 302 - 343	300 340 - 400	400 412 - 500	500 500 - 580	630 630 - 730
Pump	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700
Press Head	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	-	-	-	-
Pre-rounding dies	13R9DLML	13R11DLML	13R13DLML	13R15DLML	13R17DLML	13R19DLML	-	-	-	-	-	-
Crimp dies	13B13L	13B14,5L	13B17L	13B20L	13B22L	13B25L	13B27L	13B30L	-	-	-	-
No. of crimps	1	1	1	1	2	2	2	2	-	-	-	-
Max. crimp height, N, mm	10,3	10,9	13,5	16,5	16,3	20,3	20,6	23,4	-	-	-	-
Press Head	-	-	-	-	-	V250	V250	V250	V250	V250	V250	V250
Pre-rounding dies	-	-	-	-	-	-	25R21DLML	25R24DLML	25R26DLML	25R30DLML	25R33DLML	25R39DLML
Crimp dies	-	-	-	-	-	B2525L	B2527L	B2530L	B2532L	B2538L	B2542L	B2550L
No. of crimps	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	2	3
Max. crimp height, N, mm	-	-	-	-	-	20,3	20,6	23,4	24,6	30,5	30,5	38,0



**Kaapelin puristamiseen käytettävät leuat.**



**Elpress Transformer Cable Crimp System - Tool Selection Chart**

Component	Nominal crimp area, mm <sup>2</sup>														
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
Pump	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700	PS700
Press Head	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	V1300	-	-
Die holder, upper	V1318	V1318	V1318	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Die holder, lower	V1316	V1316	V1316	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crimp dies	B8	B9	B11	13B13L	13B14.5	13B17L	13B20L	13B22L	13B25L	13B27L	13B30L	13B32	13B38	-	-
No. of crimps	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	-	-
Max. crimp height, mm	6.3	7.3	8.8	10.3	11.4	13.4	16.5	16.3	20.3	20.6	23.4	24.6	30.5	-	-
Press Head	-	-	-	-	-	-	-	-	V250	V250	V250	V250	V250	V250	V250
Die holder, upper	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Die holder, lower	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crimp dies	B2525L	B2527L	B2530L	B2532L	B2538L	B2542L	B2550L	-	-	-	-	-	-	-	-
No. of crimps	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Max. crimp height, mm	20.3	20.6	23.4	24.6	30.5	30.5	38.0	-	-	-	-	-	-	-	-






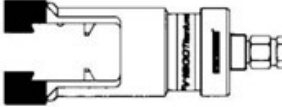
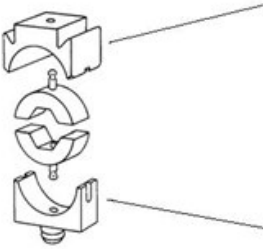
## Kaapelien puristamiseen käytettävät leuat (Ounevan kaapelikengät).

Asennus- ja puristusohje Cu-liittimille  
SIVU 1/4

Johdin mm <sup>2</sup>	Kuorintapituus (mm)	KLAUKE Elpress kuusileuka		KLAUKE EK 22 plus kuusileuka		ELPRESS W-puristus		ELPRESS kuusileuka		NOVOPRESS V-puristus	
		Leuka nro	Puristus kpl	Leuka nro	Puristus kpl	Leuka nro	Puristus kpl	Leuka nro	Puristus kpl	Leuka nro	Puristus kpl
0,5	7										
0,75	7										
1	7										
1,5	7										
2,5	7										
4	7,5										
6	7,5			R22,6mm <sup>2</sup> OU	1						
10	11	D22,8ELP	1	R22,10mm <sup>2</sup> OU	1	13BW10	1	B8	1	HPM400	1
16	12	D22,9ELP	2	R22,16mm <sup>2</sup> OU	1	13BW16	1	B9	1	HPM400	1
25	13	D22,11ELP	2	R22,25mm <sup>2</sup> OU	2	13BW25	1	B11	1	HPM400	1
35	16	D22,13LP	2	R22,35mm <sup>2</sup> OU	2	13BW35	1	B13	1	HPM400	1
50	21	D22,14,5ELP	2	R22,50mm <sup>2</sup> OU	2	13BW50-70	1	B14,5	1	HPM400	1
70	22	R22,17ELP	2	R22,70mm <sup>2</sup> OU	3	13BW50-70	1	B17	1	HPM400	1
95	26	D22,20ELP	2	R22,95mm <sup>2</sup> OU	3	13BW95-120	1	B20	1	HPM400	1
120	28	D22,22ELP	2	R22,120mm <sup>2</sup> OU	4	13BW95-120	1	B22	1	HPM400	2
150	31	D22,25ELP	2	R22,150mm <sup>2</sup> OU	4	13BW150-185	1	B25	1	HPM400	2
185	33	D22,27ELP	2	R22,185mm <sup>2</sup> OU	4	13BW150-185	1	B27	2	HPM400	2
240	37	D22,30ELP	3	R22,240mm <sup>2</sup> OU	4			B30	2	HPM400	2
300	45			R22,300mm <sup>2</sup> OU	4			B32	2	HPM400	2

## LIITE 5

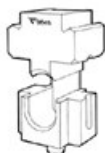
### Elpress puristuspää ja leuat.

Osa		Nimike
		
Verkko-/akkukäyttöinen pumppu,		PS700
		
Puristuspää, 13 t Teräs		V1300
V1300:n ylempi leuanpidike		V1318
		
V1300:n alempi leuanpidike		V1316

## LIITE 6

### Elpress puristus päät ja leuat.

V1300:n pyöristysleuat



13R11ML ja DL  
13R13ML ja DL  
13R15ML ja DL  
13R17ML ja DL  
13R19ML ja DL

V1300:n puristusleuat



13B25, 13B27, 13B30,  
13B13L, 13B14, 5L,  
13B17L, 13B20L,  
13B22L, 13B25L,  
13B27L, 13B30L  
Vain kaapelille:  
B13, 13B14.5, B14.5,  
B17, B20, B22, 13B32

V1300:n poistuneet puristusleuat



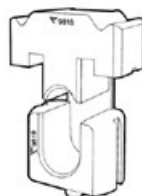
B14.5L, B17L, B20L,  
B22L

Puristus pää, 25 t



V250

V250:n pyöristysleuat



25R21ML ja DL  
25R24ML ja DL  
25R26ML ja DL  
25R30ML ja DL  
25R33ML ja DL

## LIITE 7

### Elpress puristus päät ja leuat.

V250:n puristusleuat



B2525L, B2527L,  
B2530L,  
B2532, B2538L  
B2542

Vain kaapelille:  
B25, B27, B30

V250:n ylempi leuanpidike



2508

V250:n alempi leuanpidike



2506

V250:n vanhat puristusleuat



B25L, B27L, B30L

## Kuparijohtimen tietoja.



HK

FI

## Kuparijohdin

## KÄYTTÖ

Maadoitusjohtimena

Johtimen suurin sallittu lämpötila:

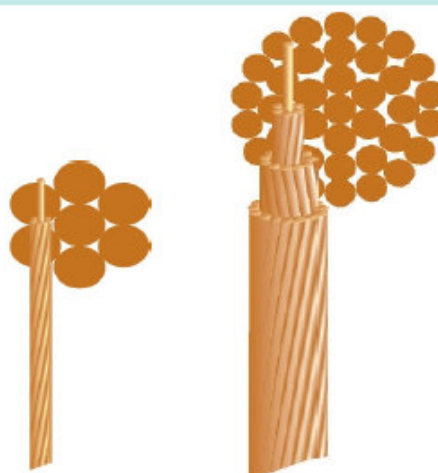
- vikatilanteessa 200 °C  
(kesto enintään 5 s)

## RAKENNE

Pehmeistä langoista kerrattu  
kupariköysi

## STANDARDI

IEC 60228 Class 2



Tuotteen nimi	HK 16/25 m	HK 16/50 m	HK 16/100 m	HK 25/25 m	HK 25/50 m	HK 25/100 m	HK 16	HK 25	HK 35	HK 50	HK 70	HK 95	HK 120	
EAN-numero (SSTL-numero) 64 100+	01 050 05-0	01 050 06-7	01 050 07-4	01 050 23-4	01 050 24-1	01 050 25-8	01 550 07-9	01 050 08-1	01 050 09-8	01 050 10-4	01 050 11-1	01 050 12-8	01 050 13-5	
Tullikoodi	74 13 00 20													
<b>RAKENNETIETOJA</b>														
Lankalukumäärä	7	7	7	7	7	7	7	7	7	19	19	19	37	
Lankahalkaisija	mm	1,68	1,68	1,68	2,12	2,12	2,12	1,68	2,12	2,5	1,77	2,12	2,5	2,01
Johtimen halkaisija	mm	5,0	5,0	5,0	6,4	6,4	6,4	5,0	6,4	7,5	8,9	10,6	12,5	14,1
Poikkipinta	mm <sup>2</sup>	15,5	15,5	15,5	24,7	24,7	24,7	15,5	24,7	34,4	46,8	67,1	93,3	117
Johtimen massa (1)	kg/km	140	140	140	222	222	222	140	222	309	422	606	843	1062
<b>TOIMITUSTIETOJA</b>														
Vakiotoimituspituus	m	25	50	100	25	50	100	500	500	500	500	1000	1000	1000
Toimituskela		renkas	renkas	renkas	renkas	renkas	renkas	K6	K6	K6	K6	K9	K11	K11
Massa (1) kaapeli+kela	kg	3,5	7,0	14	5,5	11	22	80	120	170	220	640	900	1120
<b>SÄHKÖISIÄ ARVOJA (2)</b>														
Johtimen maksimi tasa-virtaresistanssi johdin 20°C	Ω/km	1,15	1,15	1,15	0,727	0,727	0,727	1,15	0,727	0,524	0,387	0,268	0,193	0,153
<b>TERMINEN OIKOSULKUKESTOISUUS (2)</b>														
Suurin sallittu 1 sekunnin oikosulkuvirta (3)	kA	2,3	2,3	2,3	3,8	3,8	3,8	2,3	3,8	5,3	7,2	10,3	14,3	18,0

(1) Likiarvo

(2) Katso taulukkoarvojen lähtöoletukset kappaleesta Yleistä tuotetietoa.

(3) Johtimen lämpötila on ennen oikosulkua 40 °C ja oikosulun päättyessä 200 °C.

## Kuparijohtimen tietoja.



Maadoitusköydet

Kerrattu kuparijohdin  
**HK****KÄYTTÖ**

Kiinteään asennukseen maadoitusjohtimena ja maadoituselektrodina

**OMINAISUUDET** Suurin sallittu asennusvetovoima Ax50 N/mm<sup>2</sup>**RAKENNE**

Johdin	Hehkutettu kerrattu kupariköysi
	7-lankainen 16-35 mm <sup>2</sup>
	19-lankainen 50-95 mm <sup>2</sup>
	37-lankainen 120 mm <sup>2</sup>

**STANDARDIT**

IEC 60228 Luokka 2

**SERTIFIKAATIT**

Nimi	SSTL-no	Halkaisija	Paino	Vakiopituus	Pakkaus
		mm	kg/km	m	
HK 16 R25	0105205	5,1	145	25	renkas
HK 16 R50	0105206	5,1	145	50	renkas
HK 16 R100	0105207	5,1	145	100	renkas
HK 16 K8/500	0105316	5,1	145	500	kela
HK 25 R25	0105323	6,5	225	25	renkas
HK 25 R50	0105324	6,5	225	50	renkas
HK 25 R100	0105325	6,5	225	100	renkas
HK 25 K8/500	0105327	6,5	225	500	kela
HK 35 K7/1000	0105335	7,6	315	1000	kela
HK 50 K7/1000	0105350	9,0	430	1000	kela
HK 70 K9/1000	0105370	11	610	1000	kela
HK 95 K11/1000	0105395	13	850	1000	kela
HK 120 K11/500	0105397	15	1100	500	kela

© Draka NK Cables Oy, 2005.

Tässä asiakirjassa esitettyä tietoa ei saa ilman Draka NK Cables Oy:n etukäteen antamaa kirjallista lupaa kopioida tai millään muulla tavoin jäljentää, ei osittain eikä kokonaan. Ilmoitettujen tietojen uskotaan olevan oikean sisältöisiä painohetkeillä. Draka NK Cables Oy varaa itselleen oikeuden muuttaa teknisiä tietoja ilman erillistä etukäteisilmoitusta. Nämä tiedot eivät ole sitovia, paitsi milloin tapauskohtaisesti Draka NK Cables Oy niin erikseen ilmoittaa.

Draka NK Cables Oy  
PL 419  
00101 Helsinki  
Puh. 010 5661  
[www.draka.fi](http://www.draka.fi)

TSV/1015/2005  
29/12/2005

Sivu 1(1)

**Kerrattujen kuparijohtimien minimi/maksimi säiemäärä ja maksimi resistanssi (20 °C).**

Table 2 – Class 2 stranded conductors for single-core and multi-core cables

1 Nominal cross-sectional area mm <sup>2</sup>	2 Minimum number of wires in the conductor						3 Maximum resistance of conductor at 20°C		
	4 Circular		5 Circular compacted		6 Shaped		7 Annealed copper conductor		8 Aluminium or aluminium alloy conductor <sup>c</sup>
	9 Cu	10 Al	11 Cu	12 Al	13 Cu	14 Al	15 Plain wires Ω/km	16 Metal-coated wires Ω/km	
0,5	7	-	-	-	-	-	36,0	36,7	-
0,75	7	-	-	-	-	-	24,5	24,8	-
1,0	7	-	-	-	-	-	18,1	18,2	-
1,5	7	-	6	-	-	-	12,1	12,2	-
2,5	7	-	6	-	-	-	7,41	7,56	-
4	7	-	6	-	-	-	4,61	4,70	-
6	7	-	6	-	-	-	3,08	3,11	-
10	7	7	6	6	-	-	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	-	-	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,734	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
630	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
800	91	91	53	53	-	-	0,0221	0,0224	0,0367
1 000	91	91	53	53	-	-	0,0176	0,0177	0,0291
1 200				b			0,0151	0,0151	0,0247
1 400 <sup>a</sup>				b			0,0129	0,0129	0,0212
1 600				b			0,0113	0,0113	0,0186
1 800 <sup>a</sup>				b			0,0101	0,0101	0,0165
2 000				b			0,0090	0,0090	0,0149
2 500				b			0,0072	0,0072	0,0127

<sup>a</sup> These sizes are non-preferred. Other non-preferred sizes are recognized for some specialized applications but are not within the scope of this standard.

<sup>b</sup> The minimum number of wires for these sizes is not specified. These sizes may be constructed from 4, 5 or 6 equal segments (Milliken).

<sup>c</sup> For stranded aluminium alloy conductors having the same nominal cross-sectional area as an aluminium conductor the resistance value should be agreed between the manufacturer and the purchaser.

**Kerratun kuparijohtimen nimellinen minimi ja maksimi halkaisija standardin 60228 luokan 2 mukaan.**

**Table C.2 – Minimum and maximum diameters of stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors**

1 Cross-sectional area mm <sup>2</sup>	2 Stranded compacted circular conductors ( Class 2 )		3
	Minimum diameter mm	Maximum diameter mm	
10	3,6		4,0
16	4,6		5,2
25	5,6		6,5
35	6,6		7,5
50	7,7		8,6
70	9,3		10,2
95	11,0		12,0
120	12,3		13,5
150	13,7		15,0
185	15,3		16,8
240	17,6		19,2
300	19,7		21,6
400	22,3		24,6
500	25,3		27,6
630	28,7		32,5

NOTE 1 The dimensional limits of aluminium conductors with cross-sectional areas above 630 mm<sup>2</sup> are not given as the compaction technology is not generally established.

NOTE 2 No values are given for compacted copper conductors in the size range 1,5 mm<sup>2</sup> to 6 mm<sup>2</sup>.



# LIITE 12

## Uusi puristusohje AMP:n W-liitokselle

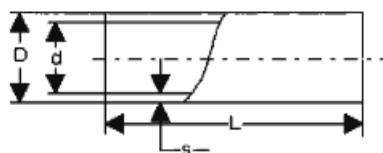
FIPTR00771 Rev. A

Korvaa: 353 K 01 N4, 353 K 01 N 7 ja 353 K 44 G1

### TYÖOHJE

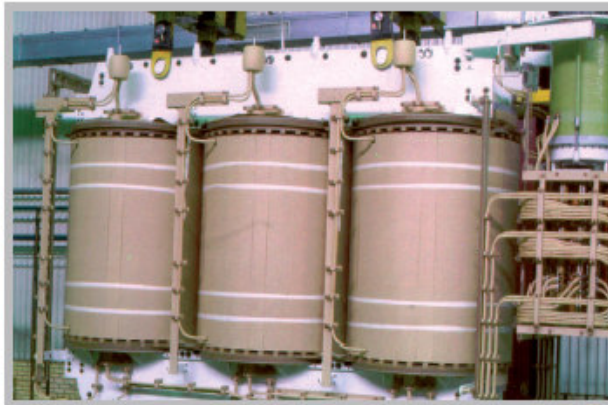
#### PURISTUSLIITOKSEN TEKO AMPIN TYÖVÄLINEILLÄ (VAIN KUPARILIITOKSET)

LAJI	KÄYTTÖ- ALUE	PURISTUS TYÖKALU	MITTATIEDOT				TYÖVÄLINEET	
			L mm +1	D mm +0,2	d mm +0,2	s mm	PUR	LEUAT
MTRDA 6	2,5-6,0	12-10		6	4	1		
MTGL 6,6	2,5-6,0	12-10	9	6	4	1		
MTGP 6,6	2,5-6,0	12-10	23	6	4	1		
MTRDA 10	6,0-10,0	8		8	5	1,5	69010	38394
MTGL 10,5	6,0-10,0	8	10	8	5	1,5	69010	38394
MTGP 10,5	6,0-10,0	8	29	8	5	1,5	69010	38394
MTRDA 16	10,0-16,0	6	33-43,5	9	6	1,5	69010	38923
MTGL 16,7	10,0-16,0	6	14	9	6	1,5	69010	38923
MTGP 16,7	10,0-16,0	6	29	9	6	1,5	69010	38923
MTRDA 25	16,0-25,0	4	37-54	11	8	1,5	69015	48173
MTGL 26,6	16,0-25,0	4	14	11	8	1,5	69015	48173
MTGP 26,6	16,0-25,0	4	35	11	8	1,5	69015	48173
MTRDA 35	25,0-35,0	2	44-56	12,5	9,5	1,5	69015	48174
MTGL 42,4	25,0-35,0	2	14	12,5	9,5	1,5	69015	48174
MTGP 42,4	25,0-35,0	2	35	12,5	9,5	1,5	69015	48174
MTRDA 50	35,0-50,0	1/0	49-60,5	14,5	11	1,5	69015	48183
MTGL 60,5	35,0-50,0	1/0	19	14,5	11	1,5	69015	48183
MTGP 60,5	35,0-50,0	1/0	40	14,5	11	1,5	69015	48183
MTRDA 70	50,0-70,0	2/0	58-65	17	13	1,75	69099	48133
MTGL 76,2	50,0-70,0	2/0	19	17	13	1,75	69099	48133
MTGP 76,2	50,0-70,0	2/0	40	17	13	1,75	69099	48133
MTRDA 95	70,0-95,0	3/0	69	20	15	2	69099	48134
MTGL 97	70,0-95,0	3/0	20	20	15	2	69099	48134
MTGP 97	70,0-95,0	3/0	45	20	15	2	69099	48134
MTRDA 120	95,0-120,0	4/0	72	22	17	2,5	69099	300430
MTGL 120	95,0-120,0	4/0	22	22	17	2,5	69099	300430
MTGP 120	95,0-120,0	4/0	45	22	17	2,5	69099	300430
MTRDA 150	120,0-150,0	250-300	81	25	19	2,5	69082	48816
MTGL 151	120,0-150,0	250-300	26	25	19	2,5	69082	48816
MTGP 151	120,0-150,0	250-300	55	25	19	2,5	69082	48816
MTRDA 185	150,0-185,0	300-350	89	27	21	3	69082	48817
MTGL 192	150,0-185,0	300-350	28	27	21	3	69082	48817
MTGP 192	150,0-185,0	300-350	70	27	21	3	69082	48817
MTRDA 240	185,0-240,0	400	99	30	24	3	69082	48818
MTGL 240	185,0-240,0	400	30	30	24	3	69082	48818
MTGP 240	185,0-240,0	400	70	30	24	3	69082	48818
MTRDA 300	240,0-300,0	400	114	32	26	3	69082	48818
MTGL 300	240,0-300,0	400	35	32	26	3	69082	48818
MTGP 300	240,0-300,0	400	75	32	26	3	69082	48818
MTRDA 400	300,0-400,0	500-600	126	38	30	4	69082	48819
MTGL 400	300,0-400,0	500-600	40	38	30	4	69082	48819
MTGP 400	300,0-400,0	500-600	75	38	30	4	69082	48819

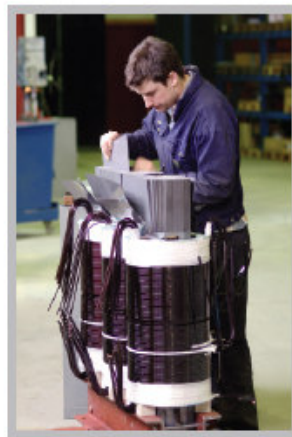


**Ohje muuntajia valmistaville yrityksille (Elpress Trafo).**

**ELPRESS<sup>®</sup>**



High voltage transformers

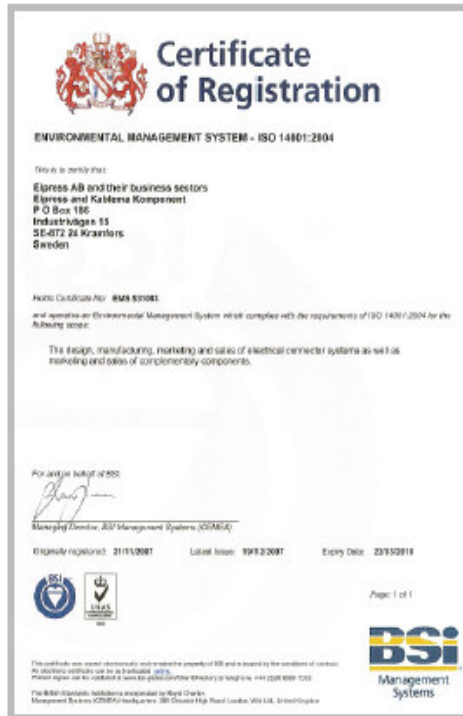


Low voltage transformers



<b>Product catalogue</b>
<b>Elpress crimp system for transformer manufacturing</b>





**Environment policy**

Within ELPRESS AB we shall always work with ongoing improvements reducing our influence on the environment. This shall be achieved by using resources in an environment promoting way and by reducing the amount of emissions and waste. We shall meet the legal requirements with a good margin. Our products shall be designed to minimise environmental influence related to

- Manufacture
- Use, and
- Final disposal

All Ingredients, materials and components with a negative environment influence shall gradually be exchanged. Our processes as well as our places and methods of work shall be designed and adapted in order to minimise environmental influence and to avoid injury and health hazard to persons.

Information and training shall constitute normal activities in the company to stimulate interest in environment issues with all ELPRESS' employees and to support personal development and participation in the environment work of the company.

Our suppliers and commissioned partners shall be chosen and influenced in such a way that they can add to our fulfilment of the environment policy.

Our customers shall be informed of our environment work and form co-operation partners to spread knowledge and advice to the parties of the distribution chain, all in order to safeguard the proper use, stocking and final disposal of our products.

We shall continuously evaluate the results of the environment work.

We shall demonstrate openness concerning information on our work with and influence on the environment.

**Quality**

Good quality forms the basis for development with high productivity and competitiveness. Our quality concept addresses our customers, our suppliers and ourselves. With quality we understand our ability to meet internal as well as external customer requirements and expectations regarding the use of our products and services.

**Quality declaration**

Our overall quality target shall be to surpass the quality in products and services offered to the market by our competitors. Our attitude shall be characterized by ongoing improvements, with the ambition also to be regarded a natural partner in relevant quality work. Each and every employee of Elpress AB shall give priority to the responsibility for quality in his/her daily work. All work regarding quality improvements is supported by the company management.

As a means to fulfil this quality declaration, the requirements of the quality standard ISO 9001:2000 shall be applied as a general standard for the quality work within Elpress AB.





<b>Introduction</b>	<b>4-5</b>
<b>Cu-terminals</b>	
Tube terminals 35 - 500 mm <sup>2</sup> , KRF-L	6
Tube terminals 45°, 50 - 150 mm <sup>2</sup> , KRF-L	7
Tube terminals 90°, 50 - 240 mm <sup>2</sup> , KRF-L	7
Tube terminals with two stud holes 50 - 400 mm <sup>2</sup> , KRF-L	8
Through connectors 35 - 500 mm <sup>2</sup> , KSF-L	8
T-connectors 35 - 500 mm <sup>2</sup> , KTSF	9
T-connectors 50 - 240 mm <sup>2</sup> , 110GR, KTSF	9
Lead through terminals 50 - 240 mm <sup>2</sup> , D20 and D32	10
Terminals for tap changers 50 - 150 mm <sup>2</sup>	10
Through connectors with different area 50 - 500 mm <sup>2</sup> , KSF-L	11
<b>Crimping Systems</b>	
SYSTEM 1300, 35 - 240 (400) mm <sup>2</sup>	12-13
SYSTEM V250, 150 - 500 (800) mm <sup>2</sup>	14-15
<b>Pumps</b>	
PS700, battery and mains powered pump	16
PS700 Analyzer	17
P1000, mains powered pump	18
<b>Cutting and stripping tool</b>	<b>18-19</b>





Introduction

## Advanced crimping makes reliability, high performance and documentation essential

When crimping in advanced applications as transformers it is essential that the crimping system is a high performance and reliable system. Elpress has developed a wide range of products specialized for these applications. Together with training of operators, certifications and the products this is a complete system concept.

Elpress Crimp System for **Transformer Connections** is:

- Terminals and connectors adapted to transformer use
- Electrically powered crimp tools with ergonomic crimp heads, rounding and crimp dies
- Test certification to international standards
- Production quality procedures
- Training and certifying of operators



### Terminals and connectors

Elpress complete system consists of winding terminals and connectors from 35 to 500 mm<sup>2</sup>. They have the suffix L that is the customers' guarantee that the connector is a part of the quality assured system.

Special items have been developed, like the straight and angled T-connectors. Markings on the terminals and connectors show tool identification, size, stud hole and manufacturers emblem. The markings are made for easier and correct use.

### Tools

With the 13 and 25 tons crimp heads Elpress ensures easy operation both when rounding of winding bundles and when crimping. Elpress offers a mains and/or battery operated hydraulic pump that is thumb-controlled from the crimping head handle and powers the crimping head.

Rounding and crimping dies are polished for minimising the risk of sharp edges. Winding connections are crimped within the following acceptance range for each connection.

Nom. connector area mm <sup>2</sup>	Tot. initial real winding conductor cross section	
	min mm <sup>2</sup>	max mm <sup>2</sup>
35	45	70
50	69	103
70	100	120
95	113	161
120	145	185
150	180	220
185	220	265
240	302	343
300	340	400
400	412	500
500	500	580

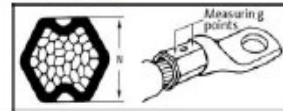
### Tests

Elpress has tested the use of terminals and connectors within the specified cross section area ranges in accordance with IEC61238-1. This is the most widely accepted test standard with a qualified evaluation of performance stability. Test reports are available from Elpress and can be requested if needed.



### Production Quality Assurance

It is essential to have simple means of identifying correct crimp procedures and results while working. With the Elpress System the dies leave an imprint on the crimped barrel surface showing the die identification. This enables a direct and easy inspection if proper tools have been used. For all crimps a crimp height limit is given to make an easy check of proper tool function by means of a vernier calliper or a gauge.



### Operator training

To ensure that operators have the detailed know-how that is the base for long term quality, Elpress runs theoretical and practical training sessions at each production site resulting in certification of the individual operators. These trained operators will have a qualified level in regard to practical work procedures as well as the precautions that ensure proper results.



### Assured results

When you work with the Elpress Crimp System for Transformer Conductor Connections, and follow the instructions for this system, you get results which have been tested to well established standards and requirements. This is your way of getting assured results in production work.





**Markings on Cu-connections**

Elpress marking system for Cu-connectors shows logotype, conductor area and ID-number for crimp die to be used. This system enables final inspection of proper die use as the die number is automatically imprinted by the die on the crimped barrel, see picture above.

**Stud holes in terminal palms**

Screw-dimension	Hole diameter tol. H13 (Ø mm)
M 3	3,2
M 4	4,3
M 5	5,3
M 6	6,4
M 8	8,4
M 10	10,5
M 12	13
M 16	17
M 20	21
M 24	25



**Marking of tube terminals**

- 32** (on the terminal neck)
- ID-no. for the hexagonal die
- (Elpress logo) 300-16F** (on the palm)
- 300 = Cu-conductor area, mm<sup>2</sup>
- 16 = hole for screw M16
- F = KRF



**Marking of connectors**

- (Elpress logo) 27**
- ID-no. for hexagonal die
- 185 F**
- 185 = Cu-conductor area, mm<sup>2</sup>
- F = KSF





Cu-terminals

### Tube terminals 35 - 500 mm<sup>2</sup>, KRF-L

- Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example KRF: 70 10F, (EIPress logotype included) 17

70 = mm<sup>2</sup> 10 = palm hole for M10 F = type KRF, for stranded and flexible conductors 17 = Die No.



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat. no. mm <sup>2</sup> - bolt hole M	W	d	N	N <sub>1</sub>	L	Pcs/pack	Die no.
35	45-70	KRF35-6L	18	9,0	10,0	11,0	47	100	13
		KRF35-8L	18	9,0	10,0	11,0	47	100	13
		KRF35-10L	18	9,0	10,0	11,0	47	100	13
		KRF35-12L	22	9,0	12,0	14,0	52	100	13
50	69-103	KRF50-8L	21	11,0	11,0	12,0	50	100	14,5L
		KRF50-10L	21	11,0	11,0	12,0	50	100	14,5L
		KRF50-12L	21	11,0	12,0	14,0	53	100	14,5L
		KRF50-16L	27	11,0	15,0	17,0	59	100	14,5L
70	100-120	KRF70-10L	25	13,0	11,0	12,0	55	50	17L
		KRF70-12L	25	13,0	12,0	14,0	58	50	17L
		KRF70-16L	28	13,0	15,0	17,0	64	50	17L
95	113-161	KRF95-8L	29	15,0	15,0	17,0	69	50	20L
		KRF95-10L	29	15,0	15,0	17,0	69	50	20L
		KRF95-12L	29	15,0	15,0	17,0	69	50	20L
		KRF95-16L	29	15,0	15,0	17,0	69	50	20L
120	145-185	KRF120-10L	32	17,0	15,0	17,0	73	25	22L
		KRF120-12L	32	17,0	15,0	17,0	73	25	22L
		KRF120-16L	32	17,0	15,0	17,0	73	25	22L
150	180-220	KRF150-00L	36	19,0	32	-	80	25	25L
		KRF150-8L	36	19,0	15,0	17,0	80	25	25L
		KRF150-10L	36	19,0	15,0	17,0	80	25	25L
		KRF150-12L	36	19,0	15,0	17,0	80	25	25L
		KRF150-16L	36	19,0	15,0	17,0	80	25	25L
185	220-265	KRF185-10L	39	21	15,0	17,0	86	20	27L
		KRF185-12L	39	21	15,0	17,0	86	20	27L
		KRF185-16L	39	21	15,0	17,0	86	20	27L
240	302-343	KRF240-00L	44	24	39	-	95	10	30L
		KRF240-8L	44	24	19	20	95	10	30L
		KRF240-10L	44	24	19	20	95	10	30L
		KRF240-12L	44	24	19	20	95	10	30L
		KRF240-16L	44	24	19	20	96	10	30L
300	340-400	KRF300A-00L	45	24,5	54	-	116	10	32
		KRF300A-12L	45	24,5	22	32	116	10	32
		KRF300A-16L	45	24,5	22	32	116	10	32
400	412-500	KRF400-00L	56	30	55	-	125	10	38L
		KRF400-10L	56	30	22	33	125	10	38L
		KRF400-12L	56	30	22	33	125	10	38L
		KRF400-16L	56	30	22	33	125	10	38L
500	500-580	KRF500-16L	61	33	25	35	150	5	42
		KRF500-20L	61	33	25	35	150	5	42





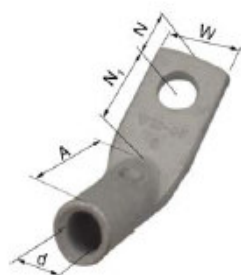
Cu-terminals

### Tube terminals 45°, 50 - 150 mm<sup>2</sup>, KRF-L

- Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example KRF: 50 10F (Eipress logotype included) 14,5

50 = mm<sup>2</sup> 10 = palm hole for M10 F = type KRF, for stranded and flexible conductors 14,5 = Die No.



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat. no.	mm W	d	N	N <sub>1</sub>	A	Pcs./pack	Die no.
50	69-103	KRF50-8L-45GR	21	11,0	8,5	17,5	31	100	14,5L
		KRF50-10L-45GR	21	11,0	11,5	18,5	31	100	14,5L
		KRF50-12L-45GR	21	11,0	12,5	19,5	31	100	14,5L
95	113-161	KRF95-10L-45GR	29	15,0	11,5	18,5	40	50	20L
		KRF95-12L-45GR	29	15,0	12,5	19,5	40	50	20L
150	180-220	KRF150-10L-45GR	36	19,0	11,5	18,5	49	25	25L
		KRF150-12L-45GR	36	19,0	12,5	19,5	49	25	25L

### Tube terminals 90°, 50 - 240 mm<sup>2</sup>, KRF-L

- Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example KRF: 70 10F (Eipress logotype included) 17

70 = mm<sup>2</sup> 10 = palm hole for M10 F = type KRE for stranded and flexible conductors 17 = Die No.



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat. no. mm <sup>2</sup> , Bolt	mm W	d	N	N <sub>1</sub>	A	Pcs./pack	Die no.
50	69-103	KRF50-8L-90GR	21	11,0	8,5	17,5	30,5	100	14,5L
		KRF50-10L-90GR	21	11,0	11,5	18,5	30,5	100	14,5L
		KRF50-12L-90GR	21	11,0	12,5	19,5	30,5	100	14,5L
70	100-120	KRF70-8L-90GR	25	13,0	8,5	17,5	31,5	50	17L
		KRF70-10L-90GR	25	13,0	11,5	18,5	31,5	50	17L
		KRF70-12L-90GR	25	13,0	12,5	19,5	31,5	50	17L
95	113-161	KRF95-8L-90GR	29	15,0	8,5	17,5	32,5	50	20L
		KRF95-10L-90GR	29	15,0	11,5	18,5	32,5	50	20L
		KRF95-12L-90GR	29	15,0	12,5	19,5	32,5	50	20L
		KRF95-16L-90GR	29	15,0	15,5	20,5	32,5	50	20L
120	145-185	KRF120-10L-90GR	32	17,0	11,5	18,5	34,5	25	22L
		KRF120-12L-90GR	32	17,0	12,5	19,5	34,5	25	22L
		KRF120-16L-90GR	32	17,0	15,5	20,5	34,5	25	22L
150	180-220	KRF150-10L-90GR	36	19,0	11,5	18,5	47	25	25L
		KRF150-12L-90GR	36	19,0	12,5	19,5	47	25	25L
		KRF150-16L-90GR	36	19,0	15,5	20,5	37,5	25	25L
185	220-265	KRF185-10L-90GR	39	21	11,5	19,5	42,5	20	27L
		KRF185-12L-90GR	39	21	12,5	19,5	42,5	20	27L
240	302-343	KRF240-10L-90GR	44	24	19	19	52	15	30L
		KRF240-12L-90GR	44	24	19	24	52	15	30L



Certificate EM20087  
ISO 9001:2000





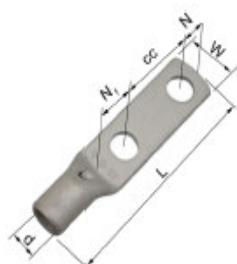
Cu-terminals

### Tube terminals with two stud holes 50 - 400 mm<sup>2</sup>, KRF-L

- Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example KRF: 70 10F (Elpress logotype included) 17

70 = mm<sup>2</sup> 10 = palm hole for M10 F = type KRF, for flexible and stranded conductors 17 = Die No.



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat. no. mm <sup>2</sup> , bolt hole, cc-measure	mm W	d	N	N <sub>1</sub>	L	Pcs/pack	Die no.
50	69-103	KRF50-10x2-24-26L	21	11	11	22	87	10	14,5L
70	100-120	KRF70-10x2-24-26L	25	13,0	11,0	12,0	55	50	17L
		KRF70-12X2-44,5L	25	13,0	12	18	103	25	17L
95	113-161	KRF95-10x2-24-26L	29	15	11	22	95	25	20L
		KRF95-12x2-44,5	29	15	12	18,5	112	25	20L
120	145-185	KRF120-10x2-24-26L	32	17,0	15,0	17,0	73	25	22L
		KRF120-12X2-44,5L	32	17,0	12	19	113	25	22L
150	180-220	KRF150-10x2-24-26L	36	19	11	22	106	25	25L
		KRF150-12x2-44,5L	36	19	12	19,5	124	25	25L
185	220-265	KRF185-10x2-24-26L	39	21	15,0	17,0	86	20	27L
		KRF185-12X2-44,5L	39	21	12	20	130	10	27L
240	302-343	KRF240-10x2-24-26L	44	24	11	22	114	10	30L
		KRF240-12x2-44,5L	44	24	12	19,5	132	10	30L
300	340-400	KRF300A-12X2-44,5L	45	24,5	12	20,5	139	10	32
400	412-500	KRF400-12x2-44,5L	56	30	12	20,5	147	8	38L

### Through connectors 35 - 500 mm<sup>2</sup>, KSF-L

- Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole and cable stop, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example: 17 70F (earth-sign) Elpress logotype included

17 = die no. 70 = mm<sup>2</sup> F = type KSF, stranded and flexible conductors



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat. no. mm <sup>2</sup>	mm d	D	L	Pcs/pack	Die no.
35	45-70	KSF35L	9,0	13	35	100	13
50	69-103	KSF50L	11	14,5	45	50	14,5L
70	100-120	KSF70L	13	17	45	50	14,5L
95	113-161	KSF95L	15	20	45	50	20L
120	145-185	KSF120L	17	22	55	50	22L
150	180-220	KSF150L	19	25	65	25	25L
185	220-265	KSF185L	21	27	70	25	27L
240	302-343	KSF240L	24	30	70	25	30L
300	340-400	KSF300A-L	24,5	31,5	75	10	32
400	412-500	KSF400L	30	38	100	10	38L
500	500-580	KSF500L	33	42	135	5	42

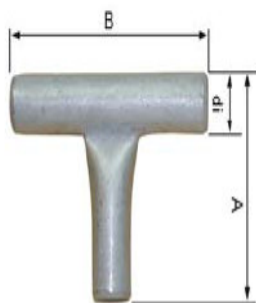


### T-connectors 35 - 630 mm<sup>2</sup>, KTSF

■ Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example: 14,5 3x50F Elpress logotype included

14,5 = die no. 3x = no. of conductor entries 50 = mm<sup>2</sup> F = type KSF, stranded and flexible conductors



Flexibel stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat no.	di	A	B	Marking	Pcs/pack	Die no.
35	45-70	KTSF35	9	63	87	13 3x 35F	20	13L
50	69-103	KTSF50	11	70	96	14,5 3x 50F	20	14,5L
70	100-120	KTSF70	13	74	100	17 3x 70F	6	17L
95	113-161	KTSF95	15	77	103	20 3x 95F	6	20L
120	145-185	KTSF120	17	87,5	120	22 3x 120F	6	22L
150	180-220	KTSF150	19	92	124	25 3x 150F	6	25L
185	220-265	KTSF185	21	96	124	27 3x 185F	6	27L
240	302-343	KTSF240	24	100	129	30 3x 240F	2	30L
300	340-400	KTSF300A	24,5	101,5	130	32 3x 300F	6	32L
400	412-500	KTSF400A	30	131,5	190	38 3x 400F	2	38L
500	500-580	KTSF500	33	134,5	200	42 3x 500F	20	42L
630	630-730	KTSF630	39	168	235	50 3x 630F	6	50L

### T-connectors 50 - 240 mm<sup>2</sup>, 110GR, KTSF

■ Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example: 14,5 3x50F Elpress logotype included

14,5 = die no. 3x = no. of conductor entries 50 = mm<sup>2</sup> F = type KSF, stranded and flexible conductors



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat no.	di	A	B	Marking	Pcs/pack	Die no.
50	69-103	KTSF50-110GR	11	66	96	14,5 3x 50F	20	14,5L
95	113-161	KTSF95-110GR	15	84,5	96	20 3x 95F	6	20L
150	180-220	KTSF150-110GR	19	104	124	25 3x 150F	4	25L
185	220-265	KTSF185-110GR	21	112	124	27 3x 185F	2	27L
240	412-500	KTSF240-110GR	24	116	129	30 3x 240F	2	30L



Cu-terminals

### Lead through terminals 50 - 240 mm<sup>2</sup>, D20 and D32

- Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example: 14,5 50F Eipress logotype included

14,5 = die no.      50 = mm<sup>2</sup>      F = type KSE, stranded and flexible conductors



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat no.	D	d	A	L	Marking	Pcs/pack	Die no.
50	69-103	KGF50-D20	14,5	11	25	120	14,5-50F	25	14,5L
		KGF50-D32	14,5	11	25	105	14,5-50F	10	14,5L
95	113-161	KGF95-D20	20	15	28	120	20-95F	20	20L
		KGF95-D32	20	15	28	105	20-95F	28	20L
150	180-220	KGF150-D32	25	19	35	105	25-150F	10	25L
240	302-343	KGF240-D32	30	24	35	105	30-240F	10	30L

### Terminals for tap changers 50 - 150 mm<sup>2</sup>

- Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example: 14,5 50F Eipress logotype included

14,5 = die no.      50 = mm<sup>2</sup>      F = type KSE, stranded and flexible conductors



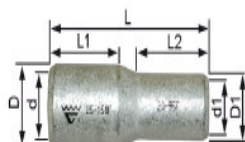
Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat no.	d	D	B	C	Marking	Pcs/Pack	Die no.
50	69-103	KLF50-M10	11	14,5	45	59	14,5-50F	24	14,5L
95	113-161	KLF95-M10	15	20	46	60	20-95F	24	20L
150	180-220	KLF150-M10	19	25	54	68	25-150F	24	25L

### Through connectors with different area 50 - 500 mm<sup>2</sup>, KSF-L

■ Data: electrolytic copper, tin plated, cable inspection hole and cable stop, for flexible and stranded, round, compressed Cu-conductors and winding conductors.

Marking example: 17-70F Elpress logotype Included

17, 14,5 = Die No.      70, 50 = mm<sup>2</sup>      F = type KSF, stranded and flexible conductors



Flexible stranded mm <sup>2</sup>	Winding mm <sup>2</sup>	Cat no.	D	d	L <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L	Pcs/pack	Die no.
50-35	69-103/45-70	KSF50-35L	14,5	11	24	13	9	25	55	18	14,5L, 13L
70-35	100-120/45-70	KSF70-35L	17	13	24	13	9	25	60	50	17L, 13L
70-50	100-120/69-103	KSF70-50L	17	13	24	14,5	11	20	50	25	17L, 14,5L
95-35	113-161/45-70	KSF95-35L	20	15	25	13	9	25	60	50	20L, 13L
95-50	113-161/69-103	KSF95-50L	20	15	25	14,5	11	20	55	25	20L, 14,5L
120-35	145-185/45-70	KSF120-35L	22	17	31	13	9	25	65	5	22L, 13L
120-50	145-185/69-103	KSF120-50L	22	17	31	14,5	11	20	60	50	22L, 14,5L
120-70	145-185/100-120	KSF120-70L	22	17	31	17	13	25	65	24	22L, 17L
150-35	180-220/45-70	KSF150-35L	25	19	31	13	9	25	65	25	25L, 13L
150-50	180-220/69-103	KSF150-50L	25	19	31	14,5	11	20	60	24	25L, 14,5L
150-95	180-220/113-161	KSF150-95L	25	19	31	20	15	31	70	25	25L, 20L
150-120	180-220/145-185	KSF150-120L	25	19	31	22	17	31	70	24	25L, 22L
185-50	220-265/69-103	KSF185-50L	27	21	31	14,5	11	25	65	25	27L, 14,5L
185-120	220-265/145-185	KSF185-120L	27	21	31	22	17	31	70	25	27L, 22L
185-150	220-265/180-220	KSF185-150L	27	21	31	25	19	31	70	24	27L, 25L
240-50	302-343/69-103	KSF240-50L	30	24	31	14,5	11	30	70	24	30L, 14,5L
240-95	302-343/113-161	KSF240-95L	30	24	31	20	15	31	70	24	30L, 20L
240-150	302-343/180-220	KSF240-150L	30	24	31	25	19	31	70	24	30L, 25L
300-70	340-400/100-120	KSF300-70L	31,5	24,5	35	17	13	24	70	25	32L, 17L
300-120	340-400/145-185	KSF300-120L	31,5	24,5	35	22	17	31	76	25	32L, 22L
300-150	340-400/180-220	KSF300-150L	31,5	24,5	35	25	19	31	76	5	32L, 25L
300-185	340-400/220-265	KSF300-185L	31,5	24,5	35	27	21	31	76	5	32L, 27L
400-95	412-500/113-161	KSF400-95L	38	30	45	20	15	31	90	10	38L, 20L
400-120	412-500/145-185	KSF400-120L	38	30	45	22	17	31	90	5	38L, 22L
400-150	412-500/180-220	KSF400-150L	38	30	45	25	19	31	90	12	38L, 25L
400-185	412-500/220-265	KSF400-185L	38	30	45	27	21	31	90	5	38L, 27L
400-240	412-500/302-343	KSF400-240L	38	30	45	30	24	31	90	10	38L, 30L
400-300	412-500/340-400	KSF400-300L	38	30	45	31,5	24,5	35	90	10	38L, 32L
500-150	500-580/180-220	KSF500-150L	42	33	55	25	19	31	101	10	42L, 25L
500-185	500-580/220-265	KSF500-185L	42	33	55	27	21	31	101	5	42L, 27L
500-240	500-580/302-343	KSF500-240L	42	33	55	30	24	31	101	5	42L, 30L
500-300	500-580/340-400	KSF500-300L	42	33	55	31,5	24,5	35	105	5	42L, 32L
500-400	500-580/412-500	KSF500-400L	42	33	55	38	30	45	115	5	42L, 38L
630-400	630-730/412-500	KSF630-400L	50	39	60	38	30	45	121	5	50L, 38L



Crimping Systems

## SYSTEM 1300 for crimping Cu terminals and connectors 35 - 240 (400) mm<sup>2</sup>\*, and pre-rounding 35 - 150 mm<sup>2</sup>

V1300



Crimp types



### V1300

EIpress crimp head, used with foot pump P4000, battery / mains powered pump P5700 or mains powered pump P1000.

#### Particulars:

- crimps Cu-conductors of type KRF-L up to 240 (400) mm<sup>2</sup>
- equipped with oil spray safety protection cap
- working pressure 63 MPa (630 bar)
- weight 3,7 kg, excl. accessories
- length 270 mm, incl. quick coupling, width 82 mm
- crimp force 130 kN (13 tons)
- light and flexible steel crimp head
- special nitrogen anti-corrosion surface treatment

PV1300



Crimp types



### PV1300

PV1300, (supplied with one battery) PV1300DB, (supplied with double batteries)

Battery powered crimp tool with 13 tons force. Uses the same crimp accessories as the other products in the above V1300 System.

#### Particulars:

- crimps Cu-conductors of type KRF-L up to 240 (400) mm<sup>2</sup>
- crimp force 123 kN (13 ton)
- number of crimps: 30-80 depending on size and temperature
- crimp time: 12-18 s depending on size
- environmental friendly battery NiMH-type, 12 V, 2.6 Ah
- working temperature -20°C to +40° (battery: +5°C to +40°C)
- LED indication of charge status
- supplied with robust double shell plastic case, battery, charger and instruction
- weight 5,1 kg, (incl. battery)

\*windings up to 240 mm<sup>2</sup>, cable conductors up to 400 mm<sup>2</sup>



## Accessories for crimping Cu with V1300 and PV1300

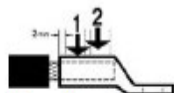
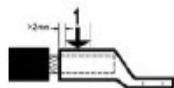
- Note that KRF terminals may be used on flexible (IEC60228, class 5) as well as stranded (class 2) conductors and for crimping of winding conductors in Transformer manufacture.
- Be sure to use dies exactly matching the terminal.

### Crimp dies

Supplied as a pair. For hexagonal crimping of Cu terminals and connectors.



Die 13B20L



One and two crimps.

KRF/KSF			
Flexible, stranded, mm <sup>2</sup>	Winding, mm <sup>2</sup>	Dies	No. of crimps
35	45-70	B13	1
50	69-103	13B14,5L	1
70	100-120	13B17L	1
95	113-161	13B20L	1
120	145-185	13B22L	2
150	180-220	13B25L	2
185	220-265	13B27L	2
240	302-343	13B30L	2



Rounding punch 13R15DL and matrix 13R15ML

### Pre-rounding

The package of rectangular conductors must be rounded to enter into the connector and a certain reduction of the conductor cross section area is also sometimes necessary. This work is done with the Elpress rounding punch and matrix.

Flexible, stranded, mm <sup>2</sup>	Winding, mm <sup>2</sup>	Matrix No.	Rounding punch No.
35	45-70	13R9ML	13R9DL
50	69-103	13R11ML	13R11DL
70	100-120	13R13ML	13R13DL
95	113-161	13R15ML	13R15DL
120	145-185	13R17ML	13R17DL
150	180-220	13R19ML	13R19DL





Crimping Systems

## SYSTEM V250 for crimping Cu terminals and connectors 150 - 500 (800) mm<sup>2</sup> \* and pre-rounding 185 - 500 mm<sup>2</sup>

V250



Crimp types



### V250

Crimp head used together with footpump P4000, battery / mains powered pump P5700 or mains powered pump P1000.

#### Particulars:

- equipped with oil spray safety protection cap
- working pressure 63 MPa (630 bar)
- crimp force 250 kN (25 ton)
- crimp terminals and connectors of type KRF/KSF, Cu-conductors up to 500 (800) mm<sup>2</sup>\*
- tested with Elpress pumps and connectors
- weight 4.6 kg, excl. accessories
- dimensions Ø 111 mm x 280 mm

\*windings up to 500 mm<sup>2</sup>, cable conductors up to 800 mm<sup>2</sup>



## Accessories for crimping Cu with V250

- Note that KRF terminals may be used on flexible (IEC60228, class 5) as well as stranded (class 2) conductors and for crimping of winding conductors in Transformer manufacture.
- Be sure to use dies exactly matching the terminal.

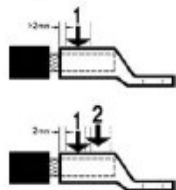
### Crimp dies

Supplied in pairs.

For hexagonal crimping of Cu terminals and connectors.



Die pair B2542.



One and two crimps.



Rounding matrix 25R21ML and rounding punch 25R21DL.

KRF/KSF			
Flexible, stranded, mm <sup>2</sup>	Winding, mm <sup>2</sup>	Dies for	No. of crimps
150	180-220	B2525L	1
185	220-265	B2527L	1
240	302-343	B2530L	1
300	340-400	B2532	1
400	412-500	B2538L	2
500	500-580	B2542	2

### Pre-rounding

The package of rectangular conductors must be rounded to fit into the connector and a certain reduction of the conductor cross section area is also sometimes necessary. This work is done with the Elpress rounding punch and matrix.

Flexible, stranded, mm <sup>2</sup>	Winding, mm <sup>2</sup>	Matrix No.	Rounding punch No.
185	220-265	25R21ML	25R21DL
240	302-343	25R24ML	25R24DL
300	340-400	25R26ML	25R26DL
400	412-500	25R30ML	25R30DL
500	500-580	25R33ML	25R33DL







Crimping Systems

## Battery and mains powered pump

The pump operates all Elpress crimp heads.

PS700



### PS700

Battery and mains powered pump for crimping with advanced control and supervision of the crimp procedure.

A flexible system for almost all crimp applications where high performance and reliability is required. The robust design in aluminium, combined with a high total efficiency, allows intensive use in most cases and environments.

When battery powered, the upper unit is lifted off the lower mains drive unit for full flexibility.

#### Particulars:

- 24 V NiMH battery or 230 V mains power supply (110V optional)
- high efficiency = many crimps per charge
- close to continuous work when mains powered
- working pressures up to 700 bar / 70MPa / 10 000 PSI
- LCD display for versatile control and follow-up
- PC port for transferring data to PC computer where advanced analysis can be made
- hydraulic pressure work range 0-630 (700) bar
- hydraulic flow 0.6 dm<sup>3</sup>/min
- oil volume 1.0 dm<sup>3</sup>
- measures: pump unit, w x d x h = 390 x 225 x 225 mm
- mains unit, w x d x h = 495 x 300 x 660 (980) mm
- weight pump unit 12.3 kg (incl. battery, excl. hose)
- weight mains unit with carriage 8.6 kg
- battery fast charger 7.2-24V, charge time 45 min
- mains unit: in 230VAC, out 24-28VDC 30A; overvoltage and overcurrent protected
- control system: Elpress Advanced Crimp Analyzer incl. display and control switches. Port for PC-connection
- environment temperatures -15 °C to + 40 °C; battery to be kept >5°C for best power
- typical number of crimps per charge (50 % ED): 115 Cu-terminals 150 mm<sup>2</sup> flexible, 180 Cu-terminals 50 mm<sup>2</sup> flexible (depending on temperature)
- protection class IP 54
- CE-approved; Machine Safety 98/37/CE, LVD 72/23/EEC
- Hydraulic hose 2.4 m with quick coupling

### PS700-5

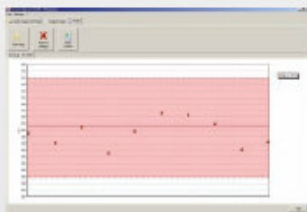
Same pump as above with hydraulic hose 5.0 m and quick coupling.



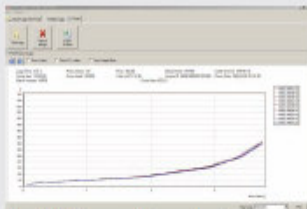
## - Analyzer, software for analysis of crimps and system calibration



*Analyzer, special software for crimp data.*



*A control chart showing statistical process supervise of the crimping process and the standard deviation.*



*Possibility to analysis each crimp curve.*

*Each crimp curve has its own documentation of important parameters.*

The analyzer software is used for quality assurance of crimping systems and saving data for quality documentation. With a few simple steps all crimps can be examined in a PC-environment. The crimps have their own ID-number for full traceability. This comfortable solution enables new possibilities for quality assurance. The crimp process can be supervised with a statistical view and causes to different variation of the crimp can be examined. An export and import function is available together with saving or printing of crimp curves, calibration data, batch reports etc. The program helps the user to choose the correct material.

**Analyzer:** CD with software, instructions for use and all necessary components for connecting a computer with Elpress pump PS700 or crimp station CS2500.

### **Particulars:**

- Loading of crimp data from pump unit PS700 or crimp station CS2500 to a PC
- Saving of data on a PC
- Direct supervision on the data screen
- Works with Windows 2000, XP or Vista



Certificate FM 20987  
ISO 9001:2000

**ELPRESS**



Crimping Systems

## Mains powered pump

### P1000

P1000 is a secure, lean produced 2-step pump as an economical alternative for industrial use where simplicity and reliability is required. The pump is supplied with Elpress safety hose with quick coupling. The robust although light weight design allows intensive use in most cases. The pump is CE-approved.

#### Particulars:

- Self holding pressure during crimp cycle, automatic return after completed crimp
- Hydraulic pressure: Working range 0-63 (70) MPa, adjustable
- Hydraulic flow: Low pressure (up to 1,5 MPa) approx. 0,8 l/min, high pressure (more than 1,5 MPa) 0,2 l/min
- Oil volume: 2 l (usable 1,8 l)
- Oil: hydraulic oil ISOVG32
- Measures, w x d x h: approx. 250 x 150 x 384 mm (excl. hose)
- Weight 15 kg (incl. hose)
- Mains connection 230 V AC 50/60 Hz
- Allowable voltage fluctuation: Rated voltage  $\pm$  5%
- Electric motor: 0,25 kW, Class E insulation, open type commutated motor 230 V, 50/60 Hz, single-phase, Max. current: 2,8 A (5 min.)
- Protection class IP20
- Environment temperatures 0 - 40°C
- CE-approved: Machine safety 98/37/CE, LVD 73/23/EEC
- Hydraulic hose 2,4 m, quick coupling, manoeuvre handle 12 V AC
- Mains cord 1,5 m earth plug

P1000



### P1000-5

Same pump as above with hydraulic hose 5.0 m and quick coupling.

## Battery powered cable cutter

PKL54



### PKL54

Electric cable cutter; easy and safe to operate.

- Electric cable cutter for copper and aluminium cable
- Not intended for cutting steel
- Max cutting diameter 54 mm, equivalent to 4 x 240 mm<sup>2</sup>
- Charger 7.2-24V, charging time for battery approx. 60 min
- Weight including battery: 3.5 kg
- Size LxWxH: 450 x 105 x 120 mm
- The tool has a scissor action when cutting, which produces a good cut
- Integrated fuse as overvoltage protection
- Protective cap for perfect safety, CE approved
- Delivered with case and double batteries, 14.4V NiMH



## Hydraulic cable cutters

■ Not for steel wires or steel wire armoured cables.

### HKL40/KL40, HKL55/KL55, HKL85/KL85

A range of cable cutters covering virtually all needs for cutting power cables and OH-line wires. The cutting heads are powered by Elpress foot pump P4000, battery and mains operated electrohydraulic pump PS700 or mains powered pump P1000.



#### Technical specifications

Hydraulic manual cutters	HKL40	HKL55	HKL85
dimensions, mm	645x85x165	560x55x140	745x72x190
weight, kg	5,9	3,7	7,6
Hydraulic cutting heads	KL40	KL55	KL85
dimensions, mm	285x85x105	300x55x110	385x75x170
weight, kg	4,3	3,0	6,2
<b>Max. opening</b>	Ø 40	Ø 55	Ø 85
<b>Max. cutting force, KN</b>	88	43	55
<b>Max. cutting capacity, examples.</b>			
copper cable	Ø 40	400 (500) mm <sup>2</sup>	630 mm <sup>2</sup>
Cu annealed solid conductor		Ø 20	
Cu rod	Ø 30		
Aluminium cable	Ø 40	3x240+95 mm <sup>2</sup>	3x240+95 mm <sup>2</sup> 630 (800 mm <sup>2</sup> )
Al annealed solid conductor		Ø 25	
ACSR	Ø 40		
Al bar	ca Ø 40		
Telephone cable		Ø 55	
Steel wire (<180 daN/mm <sup>2</sup> )	Ø 11		
Steel rod	Ø 18		

Do not cut steel wire armoured cables.





Since 1959 Elpress develops, manufacture and market complete crimping systems for electrical conductor terminations. Head office and factory with 120 employees are placed in Kramfors, Sweden. We have our own sales companies in Germany, Denmark and China. A wide network of qualified representatives support other markets.



0052-005700

Elpress AB • P.O. Box 186 • SE-872 24 KRAMFORS, Sweden  
Tel: +46 612 71 71 00 • Fax: +46 612 71 71 51  
E-mail: sales@elpress.se • www.elpress.net

**ELPRESS**<sup>®</sup>  
MEMBER OF LAGERCRANTZ GROUP