

keskijännitetyhjiökatkaisijan hyväksymistestaus



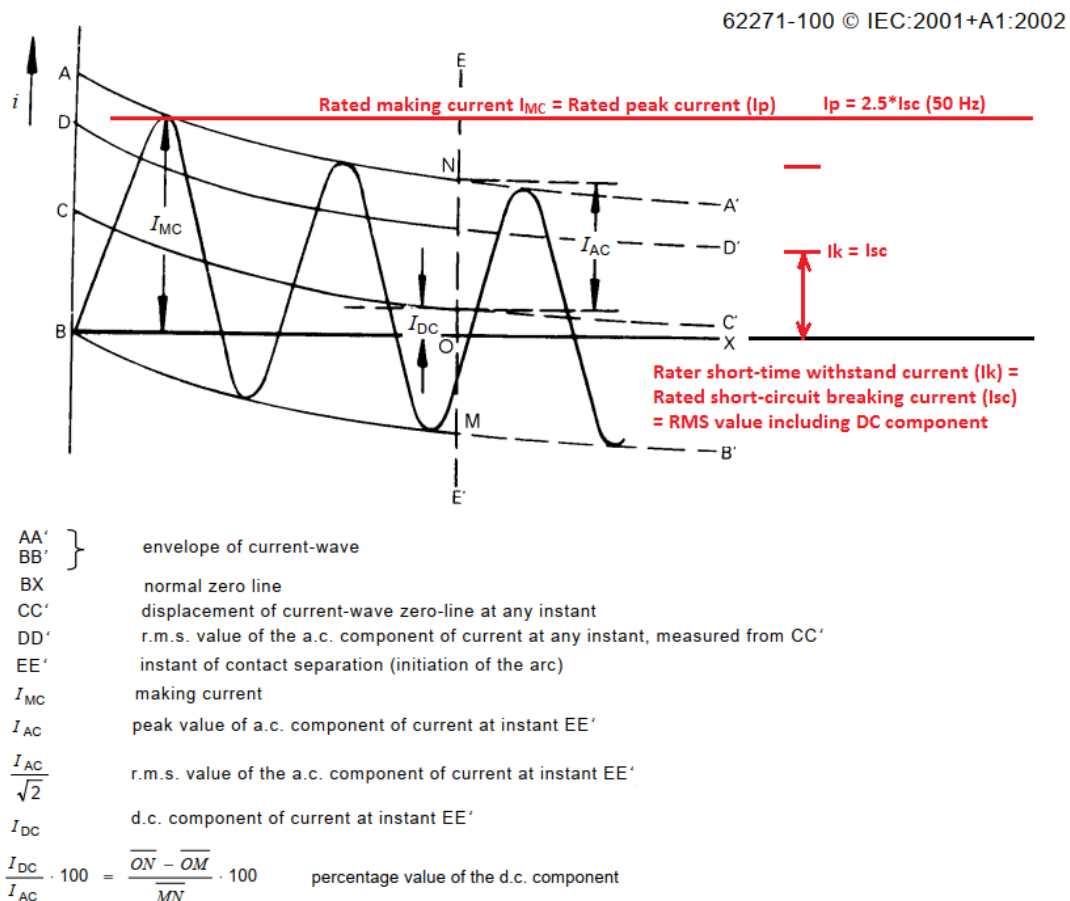
SISÄLLYSLUETTELO

1. KUVAUS KATKAISIJASTA JA OHJAIMESTA	3
2. SPEKSI VALMISTAJALLE	7
3. TESTAUSVAATIMUKSET	8
4. TEKEMÄT TESTIT	9
3) Kosketinresistanssin mitta	9
5) Koskettimien aukeamis- ja sulkeutumisaikojen mitta	9
7.1) Ohjaimen tehonanto, ohjauksen nopeus ja kondensaattorin varautuminen	10
7.2) Sisäinen kytkentä ja tulojen galvaanis	11
7.3) Hälytyskoskettimen toiminta eri tilanteissa	12
7.4) Kaapelointi ja kelalle syötettävä jännite ja virta ohjaustilanteessa	12
8) Toiminnan testaus kylmässä	12
5. VB24-630 TEKNISET TIEDOT	15

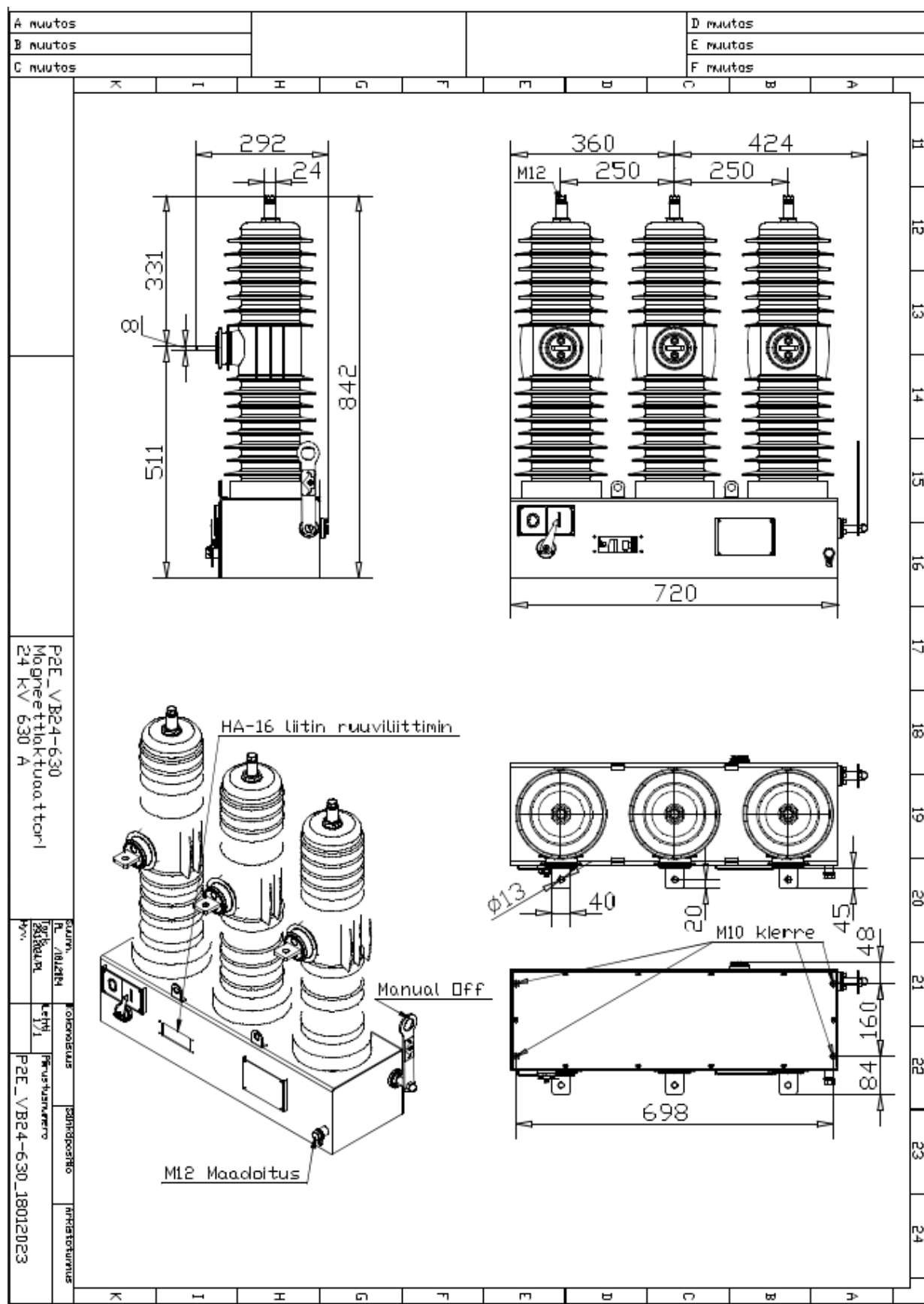
1. Kuvaus katkaisijasta ja ohjaimesta

P2E-VB24-630 on kolmivaiheinen magneettisella aktuaattorilla varustettu keskijännitekatkaisija. Nimellisjännite on 24 kV ja nimellivirta 630 A (Ir). Katkaisijan ohjaus tapahtuu tasavirtapulssilla, jonka polariteetti määrää aukaistaanko vai suljetaanko katkaisija. Kaikkien napojen ohjaus tapahtuu yhteisellä suuritehoisella kestopagneetilla varustetulla kelalla, joka on rungon keskellä alhaalla. Aktuaattorin ankkurin vaakasuuntainen liike muutetaan jokaisen navan alla vivuilla pystysuuntaiseksi liikkeeksi, joka eristeaineisen puomin avulla ohjaa koskettimet sisältävää tyhjiöpulloa. Koskettimien liike on noin 12 mm ja kulumisen aiheuttamalle eroosiolle on 3 mm jousitettua varaa. Koskettimen liike tiivistetään ilmanpaineelta metallisella palkeella, joka on tiiviisti kiinnitetty keraamisen pullon runkoon. Palje on mitoitettu kestäämään vähintään 10 000 auki/kiinni operaatiota. Katkaisijan nimellinen oikosulkuvirran katkaisukyky on tyyppitestattu 20 kA (IEC 62271:100 4.101, Isc) virralle, jolloin huippuvirtakestoisuus on 50 kA (Ip). Ohjaimen elektroniikka varaa energiaa 220 Vdc jännitteellä suureen elektrolyyttikondensaattoriin, joka on erillisenä komponenttina. Ohjaus purkaa kondensaattoria niin, että katkaisijalla voidaan tehdä yksi pikajälleenkytkentä. Varautuminen kestää selvästi alle 30 s, joten aikajälleenkytkentä on taas mahdollinen. Ohjaimen syöttöjännite on 24 Vdc. Katkaisija voidaan aukaista ilman sähköä sen oikealla puolella olevalla mekaanisella vivulla. Rungon keskellä on koskettimien asennon ilmaiseva viisari ja sisällä on 4 NC ja 4 NO tyyppistä apukosketinta. Katkaisijan napaväli on 250 mm, jolloin liittimiin kytketty 40 mm kisko jättää 210 mm ilmaeristysvälin, joka on 125 kV syöksyaaltokestoisuuden kannalta vielä hyväksyttävissä oleva.

Ohessa on standardin kuvaan punaisella selvennettyinä keskijännitekatkaisijan katkaisukykyyn liittyvät virtakestoisuudet ja niiden määräytyminen.



Oheisessa kuvassa on esitettyä katkaisijan mekaaniset mitat:



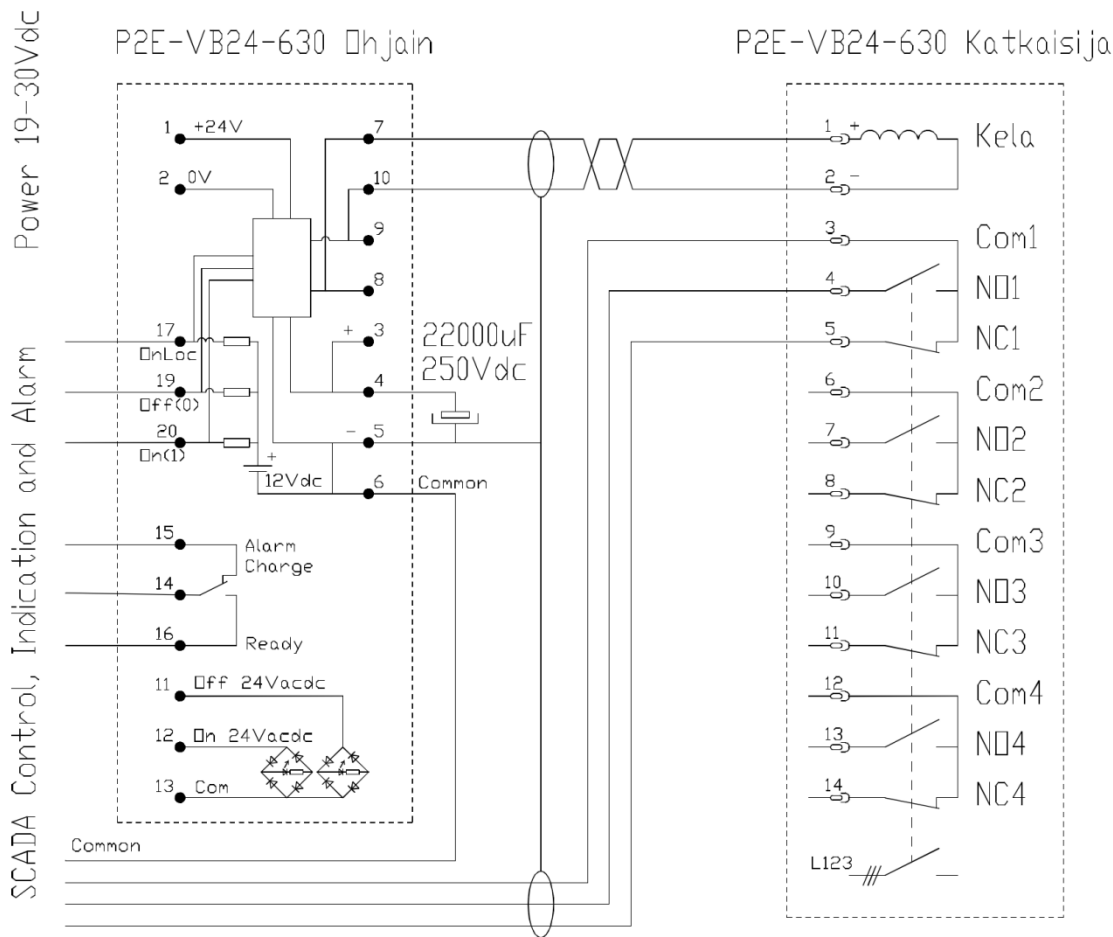
STOP 50ms 1 T:-80.0V

1 100V 2 1.0V 1.000KHz

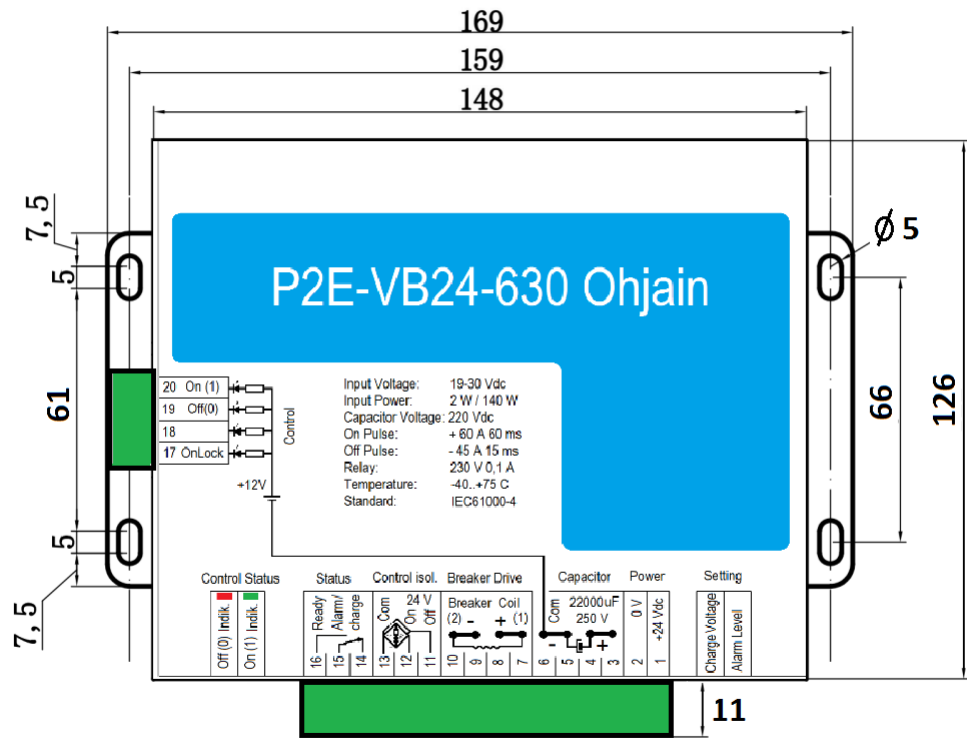
Trig Mode SINGLE Edge RISING Trig Source CH1 Trig Pos 50%

5(15)

Ohjaimen sähköinen kytkentä:

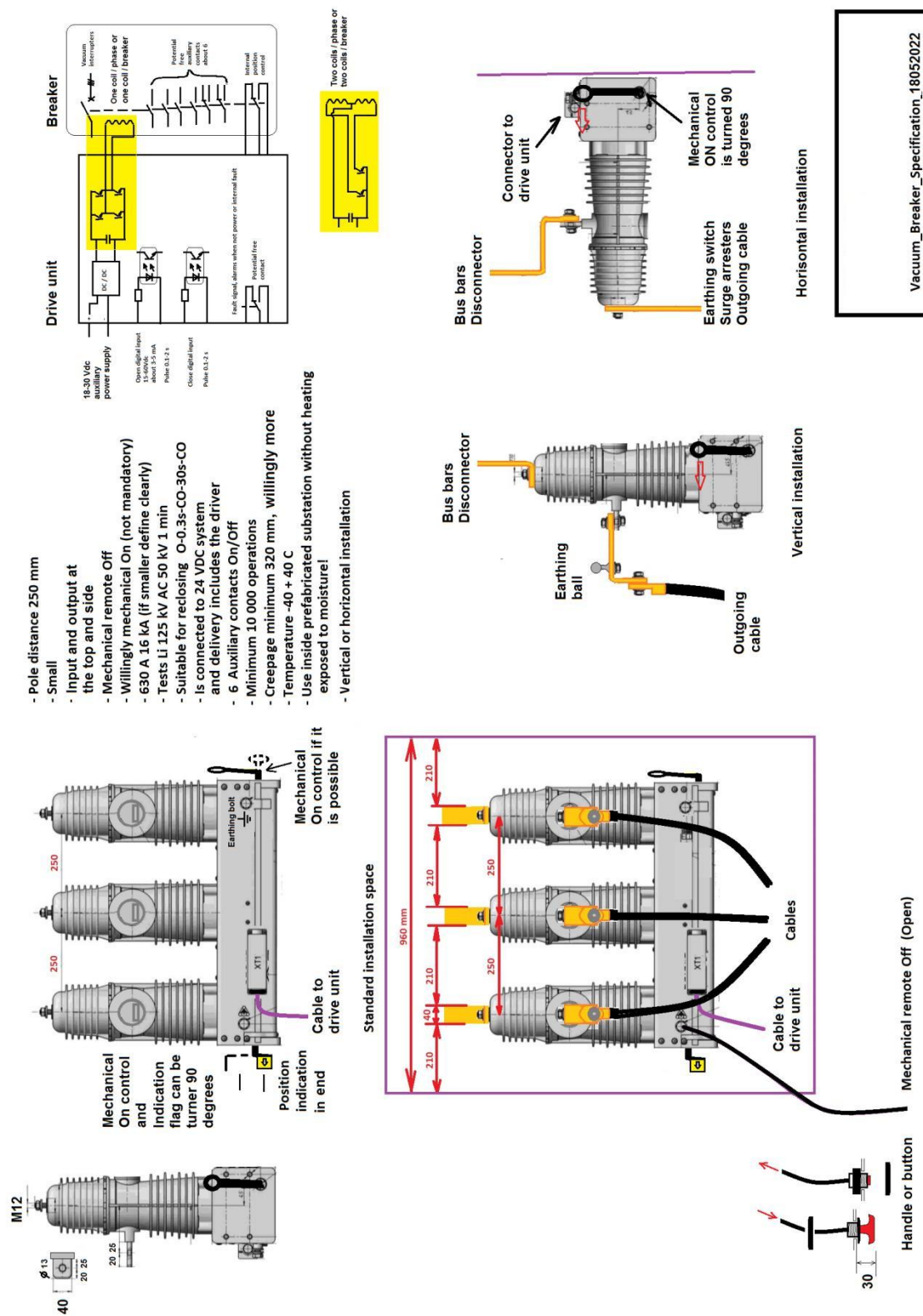


Ohjaimen mekaaniset mitat:



2.

Katkaisijan valinnassa on käytetty oheista laatimaamme speksiä:



Ihan kaikkia vaatimuksia ei saatu: vaijeriohjaus, pieni koko, mekaanisen kiinniohjauksen mahdollisuus puuttuu, epäonnistuneen ohjauksen takaisinkytkentä ei tule suoraan ohjaimesta, vaan SCADA-järjestelmän kautta (N DP 1 = 00 tai 11).

3. Testausvaatimukset

Alla olevaan taulukkoon on merkitty keskiännitekatkaisijan tyyppitestaukseen liittyvät kokeet ja niiden standardit. On huomattava, että IEC 62271-100 viittaa monessa kohdin muihin standardeihin ja siksi taulukkoon on värillä lisätty viitattavat standardit.

62271-100 © IEC:2001+A1:2002

– 121 –

P2E_VB24-639_Tests04032024.png

Table 7 – Type tests

	Mandatory type tests	Subclauses	
1	Dielectric tests	6.2 Ok	IEC60060-1
2	Radio interference voltage tests ≥123 kV	6.3 Not needed	IEC60694
3	Measurement of the resistance of the main circuit	6.4 Ok	IEC60694
4	Temperature-rise tests	6.5	IEC60694
5	Short-time withstand current and peak withstand current tests	6.6	IEC60694
6	Tightness tests SF6	6.8 Not needed	IEC60694
7	EMC tests Only secondary	6.9	IEC60694
8	Mechanical operation test at ambient temperature	6.101.2.1 to 6.101.2.3	IEC62271-100
9	Short-circuit current making and breaking tests	6.102 to 6.106	IEC62271-100
10	Capacitive current switching tests: line-charging current breaking tests ($U_r \geq 72,5$ kV)	6.111.5.1 Not needed	IEC62271-100
11	Capacitive current switching tests: cable-charging current breaking tests ($U_r \leq 52$ kV)	6.111.5.2	IEC62271-100

Koestustarve on arvioitu seuraavasti:

1) Dielectric tests

- Valmistajalla on näyttää pöytäkirja kuva testauksesta ja meidän määrittämiä ryömintä- ja ilmaeristysvälejä on ainakin ulkoisesti noudatettu.
- IEC standardien mukainen syöksyaaltotestin vaatimus on 125 kV ja 1 minuutin AC testausvaatimus 50 kV kun nimellisjännite on 24 kV.
- Tätä testausta Suomessa ei katsota tarpeelliseksi.

2) Radio interference voltage tests

- Koskee vain vähintään 123 kV kojeita.

3) Measurement of the resistance of the main circuits

- Valmistajalta löytyy pöytäkirja mittauksesta.
- Tarkistetaan, koska helppo tehdä.

4) Temperature-rise tests

- Lämpenemistestauksen on tehnyt tyhjiöpullon ja koskettimien valmistaja.
- Katkaisijan järeä rakenne ja Suomen käyttökohteiden pienet virrat eivät anna aihetta epäillä virtakestoisuutta.
- Tätä testausta Suomessa ei katsota tarpeelliseksi.

5) Short-time withstand current and peak withstand current tests.

- Testaukset on tehnyt tyhjiöpullon valmistaja, joka on määrittänyt vaadittavat avautumisen ja sulkeutumisen mekaaniset nopeudet ja voimat.
- Valmistajalta löytyy pöytäkirja koskettimien aukeamis- ja sulkeutumisnopeuksien mittauksista samoin kuin saavutetuista voimista.
- Koskettimien aukeamis- ja sulkeutumisajat mitataan sähköisesti.

6) Tightness test

- Koskee vain SF6 kaasueristeisiä kojeita.

7) EMC tests

- Koskee vain ohjainta ja ohjaimen valmistajalta löytyy sarja suoritetuista testeistä.
- Pääpainona on testata Suomessa ohjainta käytännönläheisemmin:
 - 7.1 tehonanto, ohjauksen nopeus ja kondensaattorin varautuminen
 - 7.2 sisäinen kytkentä ja tulojen galvaaniset erotukset
 - 7.3 hälytyskoskettimen toiminta eri tilanteissa
 - 7.4 kaapelointi ja kelalle syötettävä jännite ja virta ohjaustilanteessa.

8) Mechanical operation test at ambient temperature

- Koska käytännössä Suomen vaatimukset ovat hyvin tiukat, suoritetaan tämä testaus.
- Tavoitteena on kokeilla toimintaa vähintään -40 °C ympäristössä.

9) Short-circuit current making and breaking current tests

- Testit on suorittanut tyhjiöpullojen valmistaja.
- Tarkistetaan käytännönläheisesti koskettimien ponnahdusvärähtely suljettaessa (bounce).
- Katkaisijan järeän rakenteen takia ei syytä epäillä riittävyyttä.

10) Capacitive current switching test, line charging current breaking test $U_r \geq 72.5 \text{ kV}$

- Koskee vain kun jännite vähintään 72.5 kV.

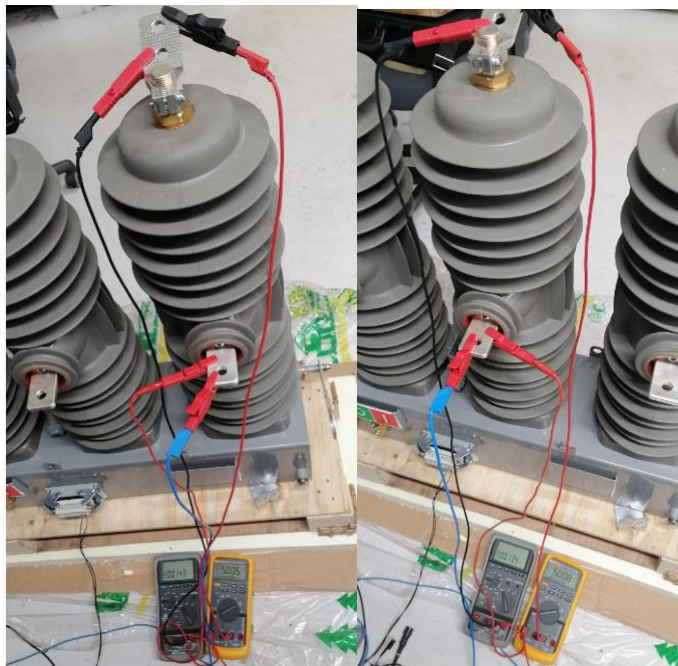
11) Capacitive current switching test, cable charging current breaking test $U_r \leq 52 \text{ kV}$

- Testit on suorittanut tyhjiöpullojen valmistaja.
- Katkaisijan järeän rakenteen takia ei syytä epäillä riittävyyttä.

4. P2 Engineeringin tekemät testit

3) Kosketinresistanssin mittaus

Mittaus suoritettiin käyttäen stabiloitua tasavirtalähdettä ja mV-mittaria. Katkaisijaa ohjattiin auki ja kiinni useampia kertoja:



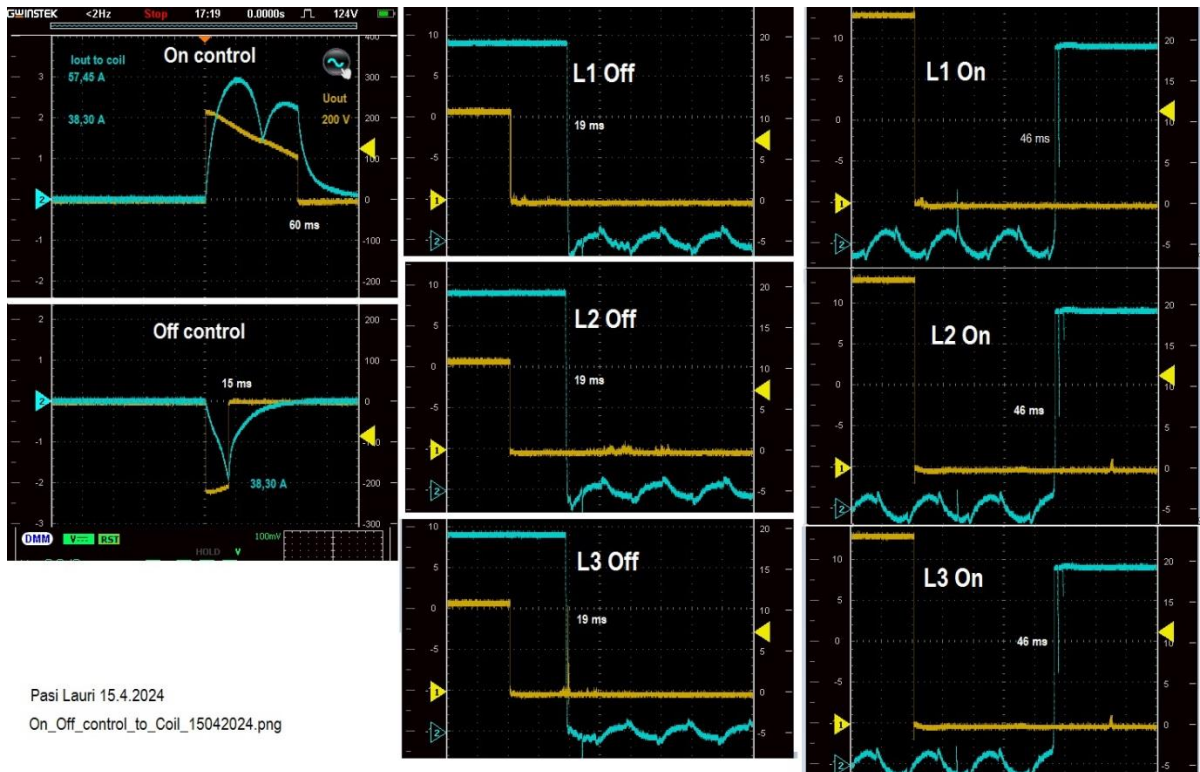
	U [mV]	I [A]	R [$\mu\Omega$]
L1	0.137	5.01	27.35
L2	0.134	5.008	26.76
L3	0.139	5.008	27.76
L1	0.134	5.008	26.76
L2	0.139	5.006	27.77
L3	0.143	5.005	28.57

Valmistajan hyväksymiskriteeri $\leq 80 \mu\Omega$

Testaus tehty kylmäkokeiden jälkeen

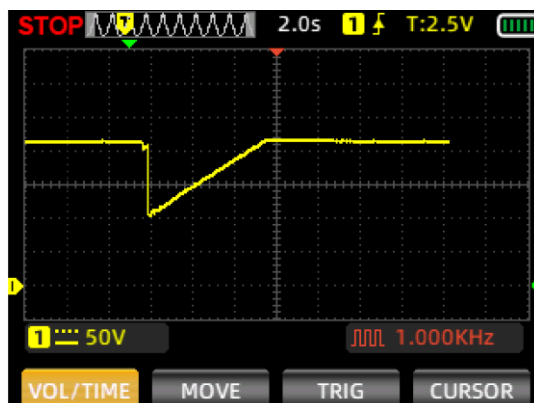
5) Koskettimien aukeamis- ja sulkeutumisaikojen mittaus

Mittaus suoritettiin oskilloskoopilla niin, että aukeaminen ja sulkeutuminen mitattiin pääkoskettimista. Vasemmanpuoleisissa kuvissa on ohjauspulssin virta ja jännite avattaessa ja suljettaessa. Keltainen on jännite ja sininen virta. Keskimmäiset ja oikeanpuoleiset kuvat mittaavat katkaisijan toiminnan nopeutta. Keltainen on ohjaimelle menevä auki- tai kiinniohjaussignaali ja sininen koskettimen kautta mitattu DC-jännite. Sinisen käyrän aaltoilu alhaalla johtuu piirin olemisesta auki eli suuri-impedanssisesta tilasta ja on merkityksetön. Oikeanpuoleisissa kuvissa näkyy koskettimen lyhytaikainen ponnahdusvärähtely (bounce) suljettaessa kestoaltaan maksimissaan noin 4 ms. Ponnahdusvärähtelyn mittaus on tehty hyvin pienellä virralla ja jännitteellä ja ei siten ole standardien mukainen mittaus.



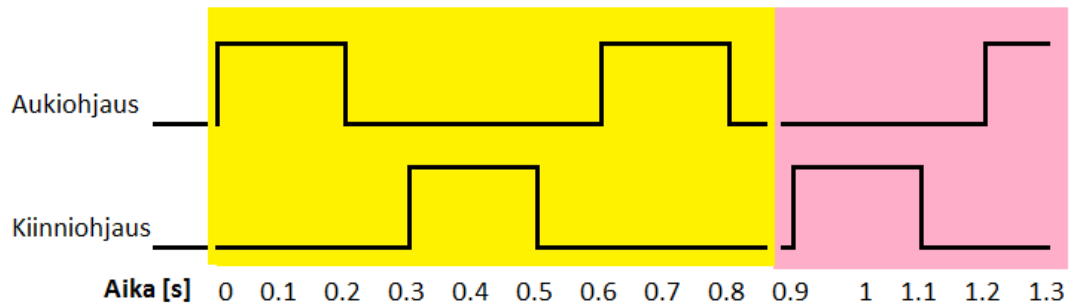
7.1) Ohjaimen tehonanto, ohjauksen nopeus ja kondensaattorin varautuminen

Ohjaimen todettiin toimivan luotettavasti muuntamokäytössä tärkeällä 19-30 Vdc käyttöjännitteen rajoissa riittävällä marginaalilla. Ohjaimen tyhjäkäyntiteho on noin 2 W ja maksimiteho ladattaessa 140 W. Kondensaattorin varautumisen pikajälleenkytkennän jälkeen kestää noin 8 s



Kuvassa kondensaattorin jännite kun on tehty pikajälleenkytkentä. 22 000 uF kondensaattorin varautuminen täyteen 220 Vdc jännitteeseen vie aikaa noin 8 s.

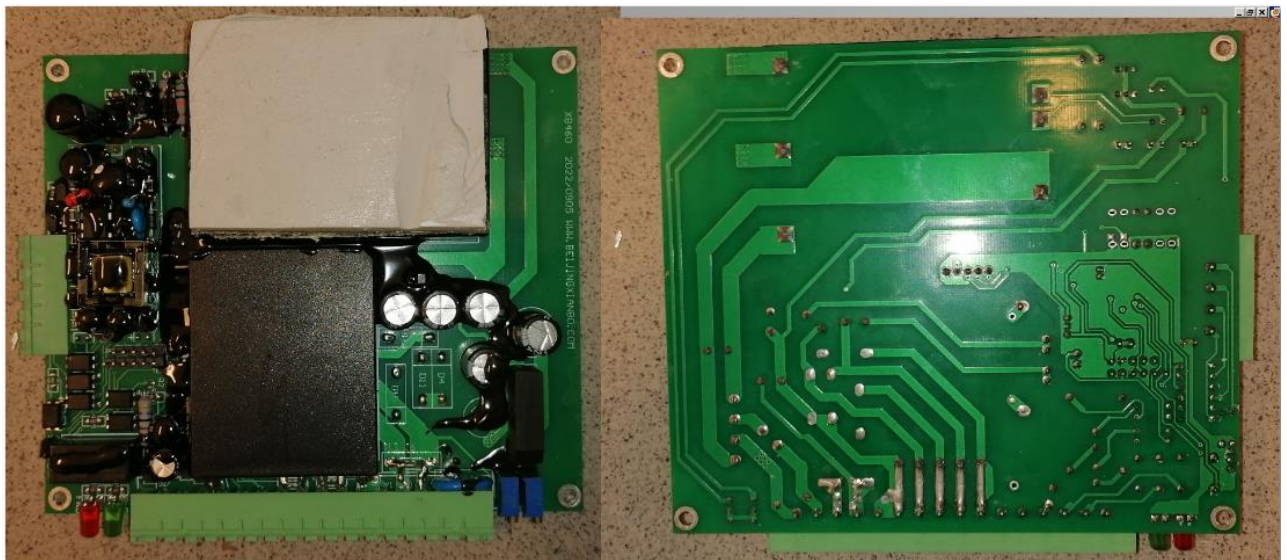
Ohjain kykenee yhteen pikajälleenkytkentään kun auki ja kiinniohjausten väli on lyhyt.



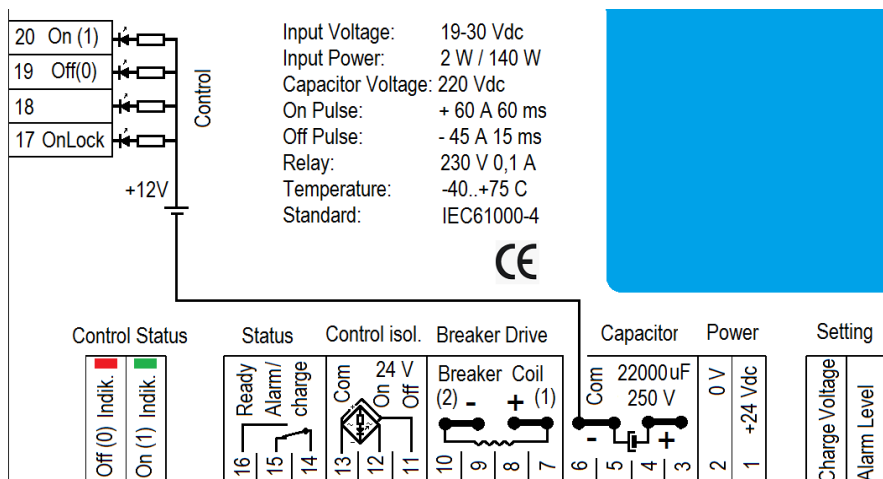
Ohjaimen nopeaa toimintaa kokeiltiin tekemällä ohjelmoitavaan logiikkaan oheinen ajoitus auki- ja kiinniohjauksiin. Katkaisija toimi moitteetta läpi keltaisen osuuden, mutta ei enää kyennyt jatkamaan vaaleanpunaiselle alueella kondensaattorin purkautumisen takia.

7.2) Sisäinen kytkentä ja tulojen galvaaniset erotukset

Ohjain aukaistiin ja galvaaniset erotukset selvitettiin mittaamalla.



Korkeajännitteinen hakkuritehonlähde on valettu ja koteloitu metallilla (hyvä EMC suojaus). Häviölämpö siirretään ulkokuoreen paksun silikonityynyn avulla. Suurempivirtaisten riviliittimien foliot on vahvistettu juottamalla. Komponentteja on kiinnitetty piirilevyn mustalla silikonimassalla.



7.3) Hälytyskoskettimen toiminta eri tilanteissa

Kosketin on sähköttämänä oikeaoppisesti hälytysasennossa 14-15. Kun kondensaattori on varautunut yli "Alarm Level" säädön arvon, rele aktivoituu 14-16 tilaan, joka on normaalin toiminnan asento. Katkaisijaa ohjattaessa rele päästää, kun varausjännite käy rajan alapuolella. SCADA-järjestelmässä tätä tapahtumaa kannattaa viivästää esim. 10 s.

7.4) Kaapelointi ja kelalle syötettävä jännite ja virta ohjaustilanteessa

Kelan virta ja jännite näkyvät kappaleitten 1 ja 5 kuvissa. Koska virta ja jännite ovat verrattain korkeita (220 V, 63 A), pitää katkaisijalle menevä kaapelointi ohjeistaa ja tehdä huolellisesti. Kaapelin tulee kestää vähintään 300 VAC ja sen tulee olla häiriösuojattu ja parikierretty. Häiriösuojaus kytketään ohjaimen päästä kondensaattorin miinusnavan liittimiin 5-6, katkaisijan päästä se jätetään kytkemättä. Tällä tavalla varmistetaan, ettei virtapulssi häiritse apukoskettimien indikoiteja ja saadaan laitteelle vähäinen EMC emissio (häiriösäteily). Kelalle menevän johdon poikkipinnalle ei aseteta suurta vaatimusta, koska pulssin kesto on hyvin lyhytaikainen ja ohjaimen teho on pieni ($\geq 0.5 \text{ mm}^2$).

8) Toiminnan testaus kylmässä

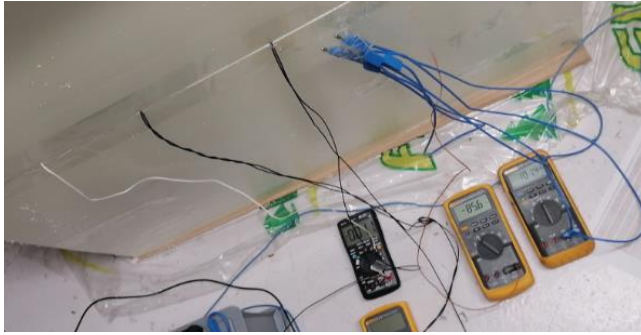
Katkaisijan ympärille rakennettiin suulakepuristetusta polystyreenilevystä (Finnfoam) hyvin lämmöneristetty umpinainen tila. Pikajälleenkytkennän tekevä logiikka, ohjain ja kondensaattori sijoitettiin tilan ulkopuolelle samoin kun järjestelmää syöttävä akusto. Katkaisijan pääkoskettimet kytkettiin sarjaan ja tila indikoitiin ulos releellä.

Eristetty tila saatettiin kylmäksi suurehkoalla määrällä CO₂ jäätä. Lämpötilaa mitattiin neljällä eri mittarilla, joista yksi oli K-tyyppin termopari, toinen Fluken oma K-tyyppin sensori, kolmas PT100 ja neljäs digitaalinen erillinen lämpömittari (MTX-basic -40 +70 Motonet). Sensorit asennettiin alas, keskelle ja ylös.

Alkuvaiheessa jäätä oli noin 10 kg ja lopussa 20 kg. Jää ladottiin tilan pohjalle niin, että se kosketti katkaisijan runkoa. Loppuvaiheessa jäätä asetettiin myös napojen päälle ja sisään asennettiin kolme kohtuullisen tehokasta laitepuhallinta kierrättämään ilmaa. Mittausta seurattiin 12 tuntia ja katkaisijalle tehtiin pikajälleenkytkentä noin 1-2 tunnin välein.



Alussa CO₂ jäätä laitettiin vain tilan pohjalle katkaisijan runon ympärille noin 10 kg. Jääpusseja näkyvät sinisinä. Lämpömittaus tapahtui termopareilla koskettimien puolelta alhaalta ja keskeltä. Suurin osa jääpusseista oli rungon takana, joten lämpötilamittaus antaa korkeamman lämpötilan.



Vasemmalla on K-tyypin termopari ja sen mittari, keskellä Fluke ja siihen kytketty K-sensori sekä oikealla resistanssialueella oleva Fluke, jossa PT100 sensori. Kannen digitaalinen lämpömittari ei näy kuvassa.

Kolmen tunnin päästä lämpötilat olivat:

- Fluke K-tyyppi	-90.4 °C (ei totta)
- K-termopari	-13 °C
- PT100	-32 °C
-Digitaalimittari	-3 °C



Ilmankiertoa lähdettiin parantamaan tekemällä kanteen aukko ja puhaltamalla ilmaa ulkoa alas ulkopuolisella puhaltimella.

Viiden tunnin kohdalla lämpötilat olivat seuraavat:

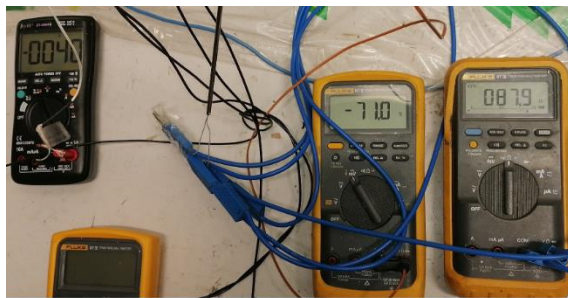
- Fluke K-tyyppi	-91.2 °C (ei totta)
- K-termopari	-12 °C
- PT100	-39 °C
- Digitaalimittari	-5 °C

Katkaisijan runko ja aktuaattori olivat nyt -39 °C tai alemmassa lämpötilassa. Pikajälleenkytkentä sujui ilman ongelmia.



Jäätä lisättiin noin 10 kg ja sisään asennettiin kolme korkeakierroksista 8,5 W laitepuhallinta (eivät näy kuvassa).

Ylhäältä mittaavan digitaalimittarin näyttämä laski nopeasti -26 °C lämpötilaan. Termopari näytti -21 °C



Kymmenen tunnin kohdalla lämpötilat olivat oikeiset:

- Fluke K-tyyppi -71 °C (ei totta)
- K-termopari -40 °C
- PT100 -31 °C
- Digitaalimittari <-40 °C



Koko tila oli nyt noin -40 °C tai kylmemmässä lämpötilassa, koska vapaana ylhäällä oleva digitaalimittari oli ylittänyt mittausrajan.

PT100 oli ilmeisesti jäänyt siihen nojaavan tyhjenneen jääpussin ja seinän eristämäksi.



Tila aukaistiin 24 tunnin jälkeen. Ylemmässä kuvassa näkyvät laitepuhaltimet eivät tyhjenneiden jääpussien takia enää puhalla ylöspäin kuten alussa.



5. P2E-VB24-630 tekniset tiedot

1	Tyyppi	Type	P2E-VB24-630	
2	Sarjanumero	Serial number	24B0601	
3	Nimellisjännite	Rated voltage	24 kV	U_r
4	Nimellisvirta	Rated normal current	630 A	I_r
5	Nimellistaajuus	Rated frequency	50 Hz	f_r
6	Nimellinen oikosulkukatkaisuvirta	Rated short-circuit breaking current	20 kA	I_{sc}
7	Nimellinen huippuvirta	Rated peak current	50 kA	I_p
8	Oikosulun nimelliskesto	Rated duration of short circuit	4 s	t_k
9	Syöksyaaltotesti (1,2/50µs)	Rated lightning impulse withstand voltage (1,2/50µs)	125 kV	U_p
10	Verkkotaajuinen jännitetestti (1 min)	Power-frequency voltage test (1 min)	50 kV	U_d
11	Magneettisen toimilaitteen nimellisjännite	Rated supply voltage of closing and opening devices	220 Vdc	U_{op}
12	Ohjaimen syöttöjännite	Rated supply voltage of auxiliary circuits	24 Vdc	U_a
13	Ohjaimen sallittu jännitevaihtelu	Controller's power and voltage	19-30 Vdc	
14	Ohjaimen tyhjäkäyntiteho	Controller's standby power	2 W	
15	Ohjaimen varausteho	Controller's charging power	140 W	
16	Ohjaimen kondensaattori	Controller's charging capacitor	22000 µF 250 Vdc	
17	Nimellinen toimintasekvenssi	Rated operating sequence	0-0.3s-CO-30s-CO	
18	Avautumisaika	Opening time	19 ms	
19	Sulkeutumisaika	Closing time	46 ms	
20	Katkaisijan apukoskettimet	Breaker's auxiliary contacts	4NO, 4NC	
21	Ohjaimen hälytyskosketin	Controller alarm contact	0,1 A 230Vac NOC	
22	Katkaisijan paino	Breaker's mass	80.4 kg	M
23	Sallittu käyttöasento	Permitted operating position	vertical, horizontal and oblique	
24	Valmistusvuosi	Year of manufacture	2024	
25	Käyttölämpötila	Temperature class	-40 +60 °C	
26	Luokitus (mekaaninen kesto)	Classification (mechanical endurance)	M2 (10 000)	
27	Standardi	Relevant standard with date of issue	IEC 62271-100: 2001	