

3. YLEISTÄ SÄHKÖTEKNIIKKAA

3.1. Sähkötekniikan peruskaavoja

3.1.1. Sähkö- ja magneettikentän kaavoja

Kentänvoimakkuus

$$E = \frac{dF}{dQ} = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{J}{\sigma}, \quad (1)$$

jossa D = sähkövuon tiheys,
 J = johtimen virrantiheys,
 σ = johtimen johtavuus,
 ε = eristeen permittiivisyys,
 ε_0 = ilman (tyhjän) permittiivisyys,
 ε_r = eristeen suhteellinen permittiivisyys.

$$H = \frac{B}{\mu}, \quad (2)$$

jossa B = magneettivuon tiheys,
 μ = väliaineen permeabiliteetti,
 μ_0 = ilman (tyhjän) permeabiliteetti,
 μ_r = aineen suhteellinen permeabiliteetti.

Potentiaali pistemäisen varauksen Q kentässä

$$V = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r} \quad (3)$$

jossa r = etäisyys varauksen keskipisteestä.

Kapasitanssi kahden lähekkäisen johdinkappaleen välillä

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{Q}{U}. \quad (4)$$

Kenttäviivan taittuminen aineiden rajapinnalla

Jos viereisten aineiden ε_{r1} ja ε_{r2} (μ_{r1} ja μ_{r2}), niin vuoviiva taittuu rajalla seuraavasti:

$$\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r2}} \left(= \frac{\mu_{r1}}{\mu_{r2}} \right), \quad (5)$$

jossa α_i = vuoviivan ja rajapinnan normaalin välinen kulma aineessa i .

Taulukko 3.1a. Voimat, kentänvoimakkuudet ja kapasitanssit eräissä erikoistapauksissa.

Tapaus	Voima	Kentänvoimakkuus	Kapasitanssi
Pisteet	$F_s = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon a}$	$F_s = \frac{Q}{4\pi \epsilon \cdot r^2}$	$C = \frac{4\pi \epsilon}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} - \frac{2}{a}}$
Viivat	$F_m = \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi a} l$	$E_i = \frac{q_1}{2\pi \epsilon r}$	$C = \frac{\pi \epsilon \cdot l}{\ln \frac{h + \sqrt{h^2 - r_0^2}}{r_0}} \approx \frac{\pi \epsilon \cdot l}{\ln \frac{a}{r_0}}$
Tasot	$F_s = \frac{Q^2}{2Cd} = \frac{Q^2}{2\epsilon \cdot A}$	$E = \frac{D}{\epsilon} = \frac{Q}{\epsilon \cdot A} = \frac{U}{d}$	$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$
Pallo		$E = \frac{Q}{4\pi \cdot \epsilon \cdot r^2} = U \cdot \frac{r_0}{r^2}$	$C = 4\pi \cdot \epsilon \cdot r_0$
Yhdensuuntaiset johtimet	$F_s = \frac{I_1 I_2}{2\pi \cdot a} \cdot l$	$E_i \approx \frac{Q}{2\pi \cdot \epsilon \cdot r}$	$C = \frac{\pi \epsilon \cdot l}{\ln \frac{h + \sqrt{h^2 - r_0^2}}{r_0}} \approx \frac{\pi \epsilon \cdot l}{\ln \frac{a}{r_0}}$
Sisäkkäiset pallot	$F = 0$	$E = U \frac{r_0 r_u}{r^2 (r_u - r_0)}$	$C = 4\pi \cdot \epsilon \frac{r_0 r_u}{r_0 - r_u}$
Sisäkkäiset lieriöt	$F = 0$	$E = \frac{Q}{2\pi \cdot \epsilon \cdot r \cdot l} = \frac{U}{r \cdot \ln \frac{r_u}{r_0}}$	$C = \frac{2\pi \cdot \epsilon \cdot l}{\ln \frac{r_u}{r_0}}$
Johdin ja johtava taso		$E_t = \frac{Q \sqrt{h^2 - r_0^2}}{\pi \epsilon (h^2 - r_0^2 - x^2)}$	$C = 2 \cdot \text{yhdensuuntaisten johtimien kapasitanssi}$

F_s = Sähköstaattinen voima

F_m = Magneettikentän voimavaikutus

E_t = Kentänvoimakkuus johtimen keskipisteestä piirretyllä tason normaalilla

Taulukossa on käytetty seuraavia merkintöjä:

A = tason pinta ala,

a = $2h$ = keskipisteiden (akseleiden) välinen etäisyys,

d = elektrodien välinen etäisyys,

l = johtimen lieriön pituus,

q_1 = jakaantuneen varauksen tiheys,

r = etäisyys keskipisteestä (akselista)

r_0 = sisäelektrodin säde,

r_u = ulkoelektrodin säde, ja

x = etäisyys johtavasta tasosta.

Magneettikentän kentänvoimakkuus suoran johtimen vieressä etäisyydellä r

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (6)$$

Magneettikentän kentänvoimakkuus pitkän N-kierroksisen käämin sisällä:

$$H = \frac{NI}{l} \quad (7)$$

3.1.2. Induktanssiyhtälöitä

Menopaluujohtin:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot I}{\pi} \ln \frac{a}{r_0} + \frac{\mu \cdot I}{4\pi} \quad (8)$$

Ympyrän muotoinen N-kierroksinen vyyhti:

$$L \approx \mu_0 r \cdot N^2 \left(\ln \frac{8r}{r_v} - 2 \right), \quad (9)$$

jossa r = vyyhden säde,
 r_v = vyyhden sivun poikkileikkauksen säde.

N-kierroksinen käämi:

$$L = \mu_0 N^2 \left(\frac{\pi r^2}{l + 0,9r} - 0,9 \frac{s \cdot r}{l} \right), \quad (10)$$

jossa s = $r_u - r_s$ = käämin sivun paksuus,
 r = käämin keskimääräinen säde.

Kiekkokäämi (vyyhti):

$$L = \mu_0 N^2 \frac{\pi r^2}{1,1s + 0,8r} \quad (11)$$

3.1.3. Piiriteorian yhtälöitä

Ohmin laki:

Tasavirralla:

$$U = IR \quad (12)$$

Vaihtovirralla:

$$I = \frac{U}{Z}, \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad X = \omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \quad (13)$$

Sekavirran tehollisarvo :

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \quad (14)$$

Tasasähköteho:

$$P = U \cdot I = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (15)$$

Yksivaiheinen vaihtosähköteho

Pätöteho $P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = U \cdot I \cos \varphi \quad (16)$

Loisteho $Q = I^2 X = \frac{U^2}{X} = U \cdot I \sin \varphi \quad (17)$

Näennäisteho $S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (18)$

Kolmivaiheinen vaihtosähköteho

$$\text{Pätöteho} \quad P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cos \varphi \quad (19)$$

$$\text{Loisteho} \quad Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \sin \varphi \quad (20)$$

$$\text{Näennäisteho} \quad S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (21)$$

joissa P = kolmivaiheinen kokonaispätöteho,
 U = pääjännite,
 I = päävirta.

Virtapiirin sarja- ja rinnankytkentä.

	Sarjakytkentä	Rinnankytkentä
Resistanssit	$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$
Induktanssit	$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$
Kapasitanssit	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$	$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$
Reaktanssit	$X = X_1 + X_2 + \dots + X_n$	$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}$

Sarjaresonanssi.

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0, \quad Z = R, \quad I = \frac{U}{R}, \quad \cos \varphi = 1 \quad (22)$$

Rinnakkaisresonanssi.

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{\omega L} - \omega C = 0, \quad X = \infty, \quad I = 0 \quad (23)$$

3.1.4. Muunnoskaavoja

Tähti-kolmiomuunnos.

$$Z_{ij} = Z_i + Z_j + \frac{Z_i Z_j}{Z_k}, \quad (24)$$

joissa Z_{ij} = kolmiokytkennän kulmapisteiden i ja j välinen impedanssi,
 Z_i = tähtikytkennän i-haaran impedanssi.

Kolmio-tähtimuunnos.

$$Z_i = \frac{Z_{ij} Z_{ki}}{Z_{ij} + Z_{jk} + Z_{ki}}. \quad (25)$$

3.1.5. Kirchhoffin I laki eli virtalaki

Solmupisteeseen tulevien (+) ja siitä lähtevien (-) virtojen summa on nolla.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (26)$$

3.1.6. Kirchhoffin II laki eli jännitelaki

Suljetussa virtapiirissä on lähdejännitteiden summa yhtä kuin jännitteiden summa.

$$\sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n U_i \quad (27)$$

3.1.7. Vakiopoikkipintaisen johtimen resistanssi

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = \frac{l}{\gamma \cdot A} \quad (28)$$

jossa l = johtimen pituus,
 A = johtimen poikkipinta-ala,
 ρ = johtimen aineen resistiivisyys ja
 γ = johtimen aineen konduktiivisuus.

3.1.8. Resistanssin riippuvuus lämpötilasta

Puhtaasta metallista tehtyjen johtimien, kuten alumiini- ja kuparinjohtimen resistanssi muuttuu melko laajalla lämpötila-alueella, noin 223 K (-50°C)...473 K (200°C), lähes suoraviivaisesti.

$$R_2 = R_1 + \alpha_{t1} R_1 (T_2 - T_1) \quad (29)$$

jossa R_1 = johtimen resistanssi lämpötilassa T_1 ,
 R_2 = johtimen resistanssi lämpötilassa T_2 ja
 α_{t1} = johtimen aineen lämpötilakerroin lämpötilassa T_1 .

Lämpötilakerroimen arvo lämpötilassa T_1

$$\alpha_t = \frac{1}{T_1 - T_s} \quad (30)$$

jossa T_s = johdinaineen subralämpötila.

Subralämpötila T_s on kuparilla $T_s = 36,7$ K ja alumiinilla $T_s = 22,9$ K.

Lämpötilassa $T = 293,15$ K = 20 °C on kuparin lämpötilakerroin $\alpha = 0,0039$ 1/K ja alumiinilla $\alpha = 0,0037$ 1/K.

Johtimen keskimääräinen lämpenemä ΔT , resistanssiarvon muuttuessa arvosta toiseen, saadaan yhtälöstä

$$\Delta T = \frac{\Delta R}{\alpha \cdot R_1} \quad (31)$$

Taulukko 3.1b. Metallisten ja vastaavien johteiden resistiivisyydet, sekä lämpötilakertoimen keskimääräisiä arvoja.

Aine	$\frac{\rho}{\mu\Omega m}$ (+20°C)	$\frac{\alpha}{K^{-1}}$ (+20°C)
Alumiini	0,0283	0,0037
Grafiitti	4...11,5	-0,006...-0,0012
Hiili	60...80	-0,0002...-0,008
Hopea	0,0163	0,0038
Kidesuunnattu muuntajalevy	0,48	0.0000
Konstantaani	0,49	0,0039
Kupari	0,0178	0,005
Kova teräslanka	0,175...0,190	0,0039
Lyijy	0,21	0,0000
Manganiini	0,43	0,0015
Messinki	0,07...0,09	0,0037
Sekoitettu muuntajalevy	0,36	0,0001
Nikkeli	0,134	0,005
Nikkeliini	0,43	0,0045
Pehmeä teräslanka	0,12...0,14	0,0037
Wolframi	0,0551	
Tina	0,145	
Valurauta	0,2...0,8	

3.1.9. Vaihtosähkön yliaallot

Vaihtosähkön kokonaisnäennäisteho S .

$$S = U \cdot I, \quad (32)$$

jossa U = jännitteen tehollisarvo ja

$$I = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}. \quad (33)$$

Tehokerroin λ määritellään suhteena

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1}{U \cdot I} = \frac{I_1}{I} \cdot \cos \varphi_1, \quad (34)$$

jossa $\varphi_1 =$ jännitteen U ja virran perusaallon I_1 välinen vaihekulma.

Särökerroin k

$$k = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I} \quad (35)$$

3.2. Nimellisarvojen perussarjat

3.2.1. Sähkölaitteiden nimellisvirrat

IEC 60059 (1938) tai SFS 2826 (1973)

Standardien mukaiset nimellisvirrat ampeereina ovat :

1 1,25 1,6 2 2,5 3,15 4 5 6,3 8

Kertoimet 1 10 100...

3.2.2. Sähkölaitteiden nimellisarjat ja koejännitteet

IEC 60038 (1938) tai SFS 2664 (1998), IEC 60071-1 (1976)

Koejännitteet koskevat vaiheen ja maan välistä eristystä.

Taulukko 3.2a. $100 \text{ V} < U_N \leq 1000 \text{ V}$.

Nimellisjännite U_N (RMS)	Käyttötaajuinen kestokoejännite (RMS)
V	V
400	2500
480	2500
690	3000
1000	3500

Taulukko 3.2b. Jänniteluokka A $1 \text{ kV} < U_m < 52 \text{ kV}$.

Laitteen suurin käyttöjännite U_m (RMS)	Nimellisjännite U_N (RMS)	Syöksyjännite kestokokeessa (huippuarvo)		Käyttötaajuinen kestokoejännite (RMS)
		lista 1	lista 2	
kV	kV	kV	kV	kV
3,6 ¹⁾	3 ¹⁾	20	40	10
7,2 ¹⁾	6 ¹⁾	40	60	20
12	10	60	75	28
(17,5)	(15)	75	95	38
24	20	95	125	50
36	30	145	170	70

1) Näitä arvoja ei tule käyttää yleisissä jakeluverkoissa

Taulukko 3.2c. Jänniteluokka B $52 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$.

Laitteen suurin käyttöjännite U_m (RMS)	Nimellisjännite U_N (RMS)	Syöksyjännite kestokokeessa (huippuarvo)	Käyttötaajuinen kestokoejännite (RMS)
kV	kV	kV	kV
(52)	(45)	250	95
72,5	66	325	140
123	110	450	185
145	132	550	230
(170)	150	650	275
145	220	750	325
		850	360
		950	395
		1050	460

Suluissa mainittuja arvoja ei tule käyttää uusissa tulevaisuudessa rakennettavissa laitteissa.

Taulukko 3.2d. Jänniteluokka C $U_m \geq 300$ kV.

Laitteen suurin käyttöjännite U_m (RMS)	Kytkeäjäjännite kestokokeessa (huippuarvo)	Syöksyjännite kestokokeessa (huippuarvo)
kV	kV	kV
		850
	750	
(300)		950
	850	
(363)		1050
	950	
420		1175
	1050	1300
525		1425
	1175	
	1300	1550
765		1800
	1425	
	1550	1950
		2100
		2400

3.3. Sähkölaitteiden koodimerkinnot

Ihmisen ja koneen välinen rajapinta, Ohjauslaitteet standardi SFS-EN 60447

Sähkölaitteissa käytettävät kuvatunnukset ovat standardissa SFS-IEC 60417

Painikkeiden ja merkkivalojen värit ja niiden merkitys SFS-EN 60204-1

Koneturvallisuus; Merkin antaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen:

- Näköön, kuuloon, tuntoon perustuvia signaaleja koskevat vaatimukset SFS-EN 61310-1,
- Merkintää koskevat vaatimukset SFS-EN 61310-2.

3.3.1. Ihmisen ja koneen välinen rajapinta, ohjauslaitteet

SFS-EN 60447 standardissa esitetään käsikäyttöisten ohjainten yleiset ohjausperiaatteet silloin, kun ohjaimet muodostavat osan sähkökäyttöisen laitteen ja ihmisen välisestä rajapinnasta. Tarkoituksena on:

- lisätä ihmisen, omaisuuden ja ympäröivän alueen turvallisuutta ja
- helpottaa ohjainten asianmukaista ja oikea-aikaista käyttöä

Määritelmiä:

- **Ohjain**; toimintamekanismin se osa, joka vastaanottaa ihmisen tekemän ohjausliikkeen
 - **Yksitoiminen ohjain**; vastaa vain yhdestä lopullisesta vaikutuksesta
 - **Monitoimiohjain**; vastaa vaihtoehtoisesti erilaisista lopullisista vaikutuksista (esim. liikesuunnalla tai ohjaimen asetteluilla)
 - **Näppäimistö**; näppäinjärjestely, joka on toteutettu sovitulla tavalla (numeerinen näppäimistö, aakkosnumeerinen näppäimistö)
 - **Toimintonäppäimistö**; määrättyjä laitteita, koneita, toimintoja tai käskyjä edustavien näppäinten järjestely
 - **Näyttöpäätte**; laite, jolla käyttäjä vuorovaikuttaa tietokonejärjestelmään. Termi sisältää sekä näyttimen että keinot tiedon syöttämiseksi tietokonejärjestelmään, joka tapahtuu näppäimistön usein myös hiiren tms. avulla.
 - **XY-kursoriohjain**; vapaasti liikkuva ohjain, tiettyä laitetta tai käskyä edustavien alueiden valitsimiseksi näyttöpinnalta.
 - **Signaali**; näkyvä, kuuluva tai tuntoaistiin perustua merkki, joka välittää tietoa.
 - **Näkyvä signaali**; merkkikilvet, värit, mekaaniset merkinantajat, muodot, hahmot
 - **Kuuluva signaali**; kuuluva merkkiääni, taajuus, katkotus
 - **Tuntoaistiin perustuva signaali**; välittää tietoa pinnan karheuden, ohjaimen muotoilun tai erityisen sijainnin avulla.

Taulukko 3.3a. Esimerkkejä signaaleista (SFS-EN 61310-1).

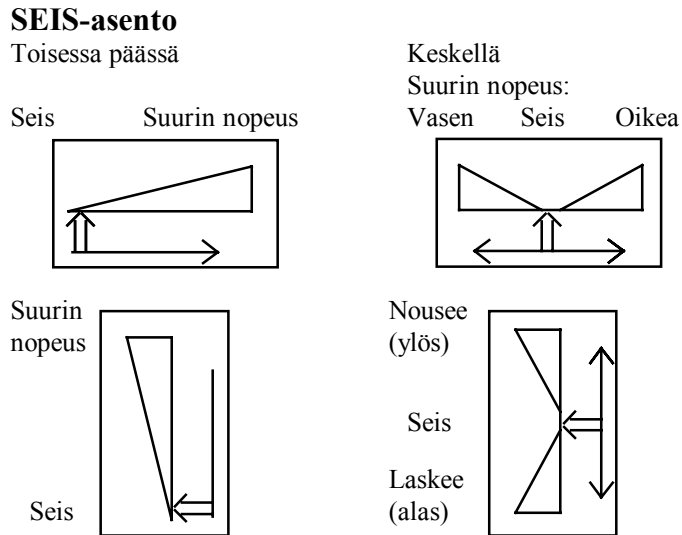
Signaali	Näköön perustuva	Kuuloon perustuva	Tuntoon perustuva
Aktiivinen	Päällä/pois tai: - värimuutos - valoisuuden muutos - kontrastin muutos - kylläisyyden muutos Vilkkuminen Sijainnin muutos	Päällä/pois tai muuttaen: - taajuutta - intensiteettiä (äänitasoa) Äänen tyyppi	Värähtely Sijainnin muutos Loksahdus/niksahdus Ohjaimen positiivinen lukittuminen
Passiivinen	Turvallisuuskilpi Lisäkilpi Merkintä Muoto, väri	Hiljaisuus	Muoto Pinnan karheus Kohokuvio Suhteellinen sijainti

3.3.2. Perusperiaatteet

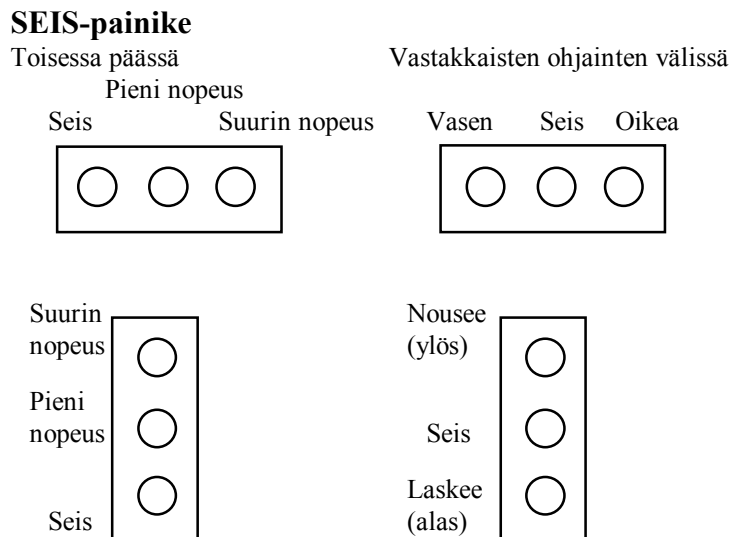
Ohjauslaitteiden, ohjainten, sijoittelun ja järjestyksen soveltaminen tapahtuu laitesuunnittelun aikaisessa vaiheessa ja on tehtävä yksiselitteisellä tavalla, erityisesti samassa laitteistossa tai asennuksessa. Ohjaimen tyyppi, laji, koko ja sijoittelu on valittava niin, että se täyttää aiotun toiminnon, käytön ja toimintaolosuhteiden vaatimukset. On otettava huomioon käyttäjän ammattitaito, ohjattavuuden rajoitukset, ergonomiset näkökohdat ja tahattoman käytön ehkäisemiseksi vaadittu taso.

Ohjainten on oltava kaikissa määritellyissä olosuhteissa yksiselitteisesti tunnistettavia, ja niiden sijoittelun on sallittava turvallinen ja oikea-aikainen käyttö.

Nämä periaatteet soveltuvat sähkökäyttöisten laitteiden, koneiden ja täydellisen laitoksen käyttöön normaaleissa olosuhteissa ja myös vika- ja hätätilanteissa.



KUVA 3.3a. SEIS-asento liikkuvan ohjaimen osana (esimerkki suoraviivaisella liikkeellä).



KUVA 3.3b. SEIS-painike ohjainryhmän osana.

3.3.3. Hätäseis-ohjain

Hätäseis-ohjain on erityistapaus ohjaimista. Sen tarkoituksena on aiheuttaa SEIS-ohjaus vaarallisen tilanteen tai meneillään olevan työn vaurion tai konevaurion välttämiseksi.

Vaatimukset hätäseis-ohjaimelle:

- hätä-SEIS-toiminto on oltava saatavilla koko ajan
- hätä-SEIS-ohjain on sijoitettava tavalla, joka varmistaa helpon saatavuuden ja vaarattoman toiminnan
- kun hätä-SEIS-järjestelmään on vaikutettu, sen on pysyttävä laukaisuasennossa kunnes se palautetaan käsitoimisesti.
- hätä-SEIS-ohjaimen on oltava selvästi näkyvä ja tunnistettava.

Tavallisin hätäseisohjain on laukaisuasentoon lukkiutuva punainen sienipainike, joka usein on lisäksi varustettu selväkielisellä, "HÄTÄ-SEIS", kilvellä.

3.3.4. Painikkeiden värit

Painikkeiden värit on oltava taulukon 1 mukaiset. KÄYNNISTYS/ PÄÄLLE -painikkeiden värin olisi oltava VALKOINEN, HARMAA tai MUSTA; suositeltavan värin ollessa VALKOINEN. Myös VIHREÄ sallitaan. PUNAISTA ei saa käyttää.

Taulukko 3.3b. Painikkeiden värit ja niiden merkitys (SFS-EN 60204-1).

Väri	Merkitys	Selitys	Sovellusesimerkkejä
PUNAINEN	Hätä	Vaikuttaminen vaarallisessa tilanteessa tai hätätilanteessa	Hätäpysäytys. Hätätoiminnon käynnistys.
KELTAINEN	Normaalista poikkeava	Vaikuttaminen normaalista poikkeavassa tilanteessa	Normaalista poikkeavan tilanteen lopettaminen. Keskeytyneen automaattisen työkierron käynnistäminen.
VIHREÄ	Turvallinen	Vaikuttaminen turvallisessa tilassa tai normaalitilan aikaansaaminen	Käynnistys/ päälle. (Esim. valopainikkeet)
SININEN	Pakollinen	Vaikuttaminen pakollista toimintaa edellyttävässä tilanteessa	Toiminnan palauttaminen. Kuittaustoiminnat.
VALKOINEN	Ei määriteltyä erikoismerkitystä	Yleistöimintojen käynnistäminen lukuunottamatta hätäpysäytystä (ks. myös huomautus)	KÄYNNISTYS/ PÄÄLLE (suositeltava) SEIS/ POIS
HARMAA			KÄYNNISTYS/ PÄÄLLE SEIS/ POIS
MUSTA			KÄYNNISTYS/ PÄÄLLE SEIS/ POIS (suositeltava)
HUOM. Kun painikkeen tunnistamiseen käytetään täydentäviä koodauskeinoja (esim. pintakäsittely, muoto, sijainti), saa samaa väriä, VALKOINEN, HARMAA tai MUSTA käyttää eri toiminnoille (esim. VALKOINEN KÄYNNISTYS/ PÄÄLLE- ja SEIS/ POIS-painikkeille)			

3.3.5. Toiminnallinen tunnistaminen (SFS-EN 60204-1, 18.3)

Ihminen kone rajapinnalla käytetyt ohjauslaitteet, osoitus- ja näyttölaitteet (erityisesti turva-toimintoihin liittyvät) on merkittävä selvästi ja pysyvästi aiheuttamansa toiminnan mukaisesti yksikön päälle tai sen lähelle. Tällaisten merkintöjen on oltava sellaisia kuin on sovittu laitteen käyttäjän ja toimittajan kanssa. Suositeltavaa olisi käyttää IEC 60 417 ja ISO 7000 mukaisia kuvatunnuksia.

Toiminnallisen tunnistamisen lisäksi suositellaan painikkeeseen tai sen läheisyyteen merkittäväksi seuraavat tunnuksat:

KÄYNNISTYS tai PÄÄLLE	SEIS tai POIS	KÄYNNISTYS/SEIS tai PÄÄLLE/ POIS	NYKÄYSAJO Aiheuttaa liikkeen vain painettaessa (pakko-ohjaus)
-----------------------------	---------------------	--	---



60 417-IEC 5007

60 417-IEC 5008

60 417-IEC 5010

60 417-IEC 5011

3.3.6. Merkkivalot ja näytöt

Merkkivalot ja näytöt antavat seuraavan tyyppisiä tietoja:

- Ilmaisu: Kiinnittää käyttäjän huomio ja/tai ilmoittaa tietyn tehtävän tarpeellisuudesta. Tähän käytetään väreinä tavallisesti PUNAISTA, KELTAISTA, VIHREÄÄ ja SINISTÄ.
- Varmistus: Varmistaa käskyn, tilan tai olosuhteen sekä varmistaa muutostilan tai -ajan päättymisen. Tähän käytetään väreinä SINISTÄ ja VALKOISTA sekä joissain tapauksissa VIHREÄÄ.

Taulukko 3.3c. Merkkivalojen värit ja niiden merkitys (Lähde SFS-EN 60204-1).

Väri	Merkitys	Selitys	Käyttäjän toimenpide	Sovellutus esimerkkejä
PUNAINEN	Hätä	Vaarallinen tila	Vaarallisen tilanteen edellyttämä välitön toiminta (esim. häätöpysäytys)	Paine/lämpötila turvarajojen ulkopuolella, Jännitteen alenema, Rikkoutuminen, Pyssähtymiskohdan ylittyminen
KELTAINEN	Normaalista poikkeava	Normaalista poikkeava tila Kriittisen tilan uhka	Valvonta ja/tai toimintaan puuttuminen (esim. tarkoitettujen toiminnon uudelleen asetus)	Paine/lämpötilarajojen ylitys Suojalaitteen aiheuttama laukaisu
VIHREÄ	Tavanmukainen	Tavanmukainen tila	Vaihtoehtoinen	Paine/lämpötila normaalialueella, Lupa jatkaa
SININEN	Pakollinen	Käyttäjän toimintaa vaativan tilan ilmaisu	Pakollinen toiminta	Ohjeet syöttää esivalittuja arvoja
VALKOINEN	Ei määrättyä erikoismerkitystä	Muut tilat; voidaan käyttää, kun PUNAISEN, KELTAISEN, VIHREÄN tai SINISEN soveltuvuus on epäselvä	Valvonta	Yleinen informaatio

3.3.7. Sähkölaitteiden liittimien tunnistaminen

Sähkölaitteiden liittinten tunnistaminen on määritelty standardissa SFS 2668

Sähkölaitteiden liittimien tunnistamiseen tulee käyttää yhtä tai useampia seuraavista menetelmistä:

- Laitteen liittimien (johdinpäiden) sijainti on kyseiselle tuotteelle vahvistetun järjestelmän mukainen IEC 60 309
- Laitteen liittimien (johdinpäiden) värikoodi on kyseiselle tuotteelle vahvistetun järjestelmän mukainen
- Liittimien kuvatunnukset on standardin IEC 60 417 mukaiset ja mahdolliset lisätunnukset standardin IEC 60 617
- Aakkosnumeerinen merkintä SFS 2668 esitettyjen periaatteiden mukainen.

Taulukko 3.3d. Eräiden laitteiden liittimien merkitseminen ja johdinpäiden tunnistaminen.

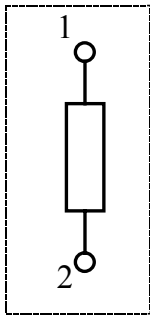
Johdin	Aakkosnumeerinen merkintä	
	Laitteen liittimen merkintä	Johtimien merkintä liittäntäkohdassa
Vaihtosähköjärjestelmän johtimet		
Vaihe 1	U	L1
Vaihe 2	V	L2
Vaihe 3	W	L3
Nolla	N	N
Tasasähköjärjestelmän johtimet		
Positiivinen johdin	C	L+
Negatiivinen johdin	D	L-
Keskijohdin	M	M
Suojajohdin	PE	PE
PEN-johdin		PEN
Maadoitusjohdin	E	E
Häiriötön maadoitusjohdin	TE	TE
Runkoliitäntä	MM ¹⁾	MM ¹⁾
Potentiaalintasausliitäntä	CC ¹⁾	CC ¹⁾

¹⁾ Näitä tunnisteita käytetään vain silloin, kun nämä liittimet tai johtimet eivät ole tarkoitettu olemaan suojajohtimen tai maan potentiaalissa.

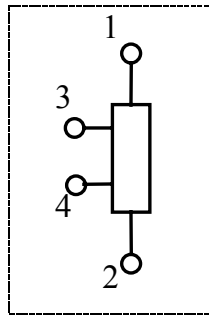
Aakkosnumeerisen liitinmerkinnän merkitsemisperiaatteita:

- Yksittäisen komponentin äärimmäiset liittimet merkitään peräkkäisillä numeroilla siten, että pariton luku on pienempi kuin parillinen (kuva 3.3c a).
- Väliulosotot merkitään mieluiten peräkkäisillä numeroilla esim. 3, 4, 5 jne.
- Useista samanlaisista komponenteista kootun komponenttiryhmän ääriävät erotetaan tunnuskirjaimella, esim. U1, V1, W1 ja U2, V2, W2; tai komponentin numerolla, esim. 1.1, 2.1, 3.1 ja 1.2, 2.2, 3.2 (kuva 3.3c c).
- Samanlaiset komponenttiryhmät, joilla on tunnuskirjaimet, erotetaan tunnuskirjaimen eteen sijoitetulla komponenttiryhmän numerolla esim. 1, 2, 3 jne.

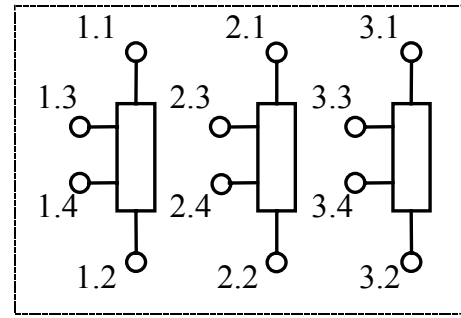
KUVA 3.3c. Esimerkki liittimien aakkosnumeerisesta merkitsemisestä.



a) Komponentti, jossa on kaksi liittintä



b) Komponentti, jossa on neljä liittintä



c) Laite, jossa on kolme komponenttia ja 12 liittintä, joista 6 väliottoa

3.3.8. Kaapelit, eristettyjen johtimien tunnistaminen

Kaapeleiden värijärjestelmät on määritetty standardissa IEC 60 446. Oheisissa taulukoissa on esitetty eräiden kumi- ja muoviasennuskaapeleiden johtimien merkinnät. (Lähde NK CABLES Finland)

Taulukko 3.3e. Kiinteän asennuksen kaapelit 300/500 V ja 450/750V.

Johdinlukumäärä	Värijärjestelmän N tunnusvärit	Värijärjestelmän S tunnusvärit
2	1 vaaleansininen 2 musta	-
3	1 vaaleansininen 2 musta 3 ruskea	≡ keltavihreä 1 vaaleansininen 2 musta
4	1 vaaleansininen (N) 2 musta (L1) 3 musta (va raita)* (L2) 4 ruskea (L3)	≡ keltavihreä 1 vaaleansininen 2 musta 3 ruskea
5	1 vaaleansininen 2 musta 3 ruskea 4 musta (va raita)* 5 musta	≡ keltavihreä (PE) 1 vaaleansininen (N) 2 musta (L1) 3 ruskea (L2) 4 musta (va raita)* (L3)

N-tunnusvärit = kaapelissa ei ole suojajohdinta *) MMJ 1,5 mm² ja 2,5 mm²; valkoinen

S-tunnusvärit = kaapelissa on suojajohdin

Taulukossa olevat johtimien säienumerot ovat sisäisiä/ ohjeellisia yhtenäisen käytännön aikaan saamiseksi.

Tunnistussääntöjä


Rakennusten Sähköasennukset A2 1994 kohta 514 mukaan on nolla- ja suojajohtimessa käytettävä seuraavia IEC 60 446 mukaisia tunnuksia:

Eristetyn suojajohtimen tunnistamiseen on käytettävä kelta-vihreäraitaista tunnusväriä. Kelta-vihreäraitaista tunnusväriä ei saa käyttää muissa kuin suoja- tai PEN-johtimissa.

Seuraavissa tapauksissa saa suojajohtimena käyttää muun väristä johdinta:

- suojajohtimena käytetään kaapelin konsentrista johdinta,

- poikkipinnaltaan vähintään 120 mm² johtimilla tai yksijohdinkaapelilla ja
- kaapelissa, jossa on useita samanvärisiä johtimia.

Näissä tapauksissa suojajohtimena käytetty johdin on merkittävä johtimen päissä kelta-vihreäraitaisella merkinnällä tai suojamaadoitusjohtimen tunnuksella. 

Eristetyn nollajohtimen värin on oltava vaaleansininen. Huomautukset:

- Jos johdossa ei ole vaaleansinistä johdinta, voi nollajohtimena käyttää muun väristä johdinta. Nollajohdin on tällöin merkittävä johdon päissä vaaleansinisellä lisämerkinnällä.
- Jos monijohdinkaapelissa ei tarvita nollajohdinta, voidaan vaaleansinistä johdinta käyttää muihin tarkoituksiin, ei kuitenkaan suojajohtimena eikä yleensä PEN-johtimena.
- Vanhoissa asennuksissa on vaaleansinistä johdinta käytetty PEN-johtimena.

Eristettyjen PEN-johtimien on oltava kelta-vihreäraitaisia ja lisäksi johtimen päät on merkittävä vaaleansinisellä lisämerkinnällä.

Seuraavissa tapauksissa saa PEN-johtimena käyttää muun väristä johdinta:

- poikkipinnaltaan vähintään 120 mm² yksijohdinkaapelilla ja
- kaapelissa, jossa on useita samanvärisiä johtimia.

Näissä tapauksissa PEN-johtimena käytetty johdin on merkittävä johtimen päissä kelta-vihreäraitaisella ja vaaleansinisellä lisämerkinnällä.

Sähköasennuksissa käytettävien eristettyjen johtimien tunnusväreinä saa käyttää värejä: musta, ruskea, punainen, sininen (mukaanlukien vaaleansininen), violetti, harmaa, vaaleanpunainen ja turkoosi. Keltaista tai vihreää johdinta ei saa käyttää. Tarvittaessa voidaan käyttää yhdistelmiä edellä olevista väreistä. Keltaista ja vihreää saa käyttää vain kelta-vihreäraitaisena.

Taulukko 3.3f. Taipuisat muoviliitântäkaapelit 300 / 300 V ja 300 / 500 V.

Johdinlukumäärä	Värijärjestelmän N tunnusvärit	Värijärjestelmän S tunnusvärit
2	1 vaaleansininen 2 musta	-
3	1 vaaleansininen 2 musta 3 ruskea	 keltavihreä 1 vaaleansininen 2 ruskea
4	1 vaaleansininen (N) 2 ruskea (L1) 3 musta (L2) 4 musta (L3)	 keltavihreä 2 musta 1 vaaleansininen 3 ruskea
5	1 vaaleansininen 2 ruskea 3 musta 4 musta 5 musta	 keltavihreä (PE) 2 musta (L1) 1 vaaleansininen (N) 3 ruskea (L2) 4 musta (va raita)* (L3)

*) MMJ 1,5 mm² ja 2,5 mm² ;valkoinen

N-tunnusvärit = kaapelissa ei ole suojajohdinta

S-tunnusvärit = kaapelissa on suojajohdin

Taulukossa olevat johtimien säienumerot ovat sisäisiä/ohjeellisia yhtenäisen käytännön aikaan saamiseksi.

3.3.9. Ohjauskaapelit

Ohjauskaapelien johtimet ovat saman värisiä (mustia). Ne on juoksevasti numeroitu kaapelin keskustasta alkaen. Taipuisissa ohjauskaapeleissa suojajohdin on keltavihreäraitainen.

Taulukko 3.3g. Konsentrisella kuparijohtimella varustetut kaapelit MCMK 0,6/1 kV ja MCCMK 0,6/1 kV.

Sisäjohtimien lukumäärä	Tunnusvärit, kun A = 1,5 - 6 mm ²	Tunnusvärit, kun A = 10 ja 16 mm ²
2	1 vaaleansininen (N) 2 musta (L1)	vaaleansininen musta ja no 1
3	1 vaaleansininen (L1) 2 musta (L2) 3 ruskea (L3)	musta ja no 1 musta ja no 2 musta ja no 3
4	1 vaaleansininen (N) 2 musta (L1) 3 valkoinen (L2) 4 ruskea (L3)	vaaleansininen musta ja no 1 musta ja no 2 musta ja no 3

Taulukossa olevat johtimien säienumerot ovat sisäisiä/ohjeellisia yhtenäisen käytännön aikaan saamiseksi.

Taulukko 3.3h. Konsentrisella kuparijohtimella varustetut voimakaapelit AMCMK/ AMCCMK ja MCMK/ MCCMK, 0,6/1 kV.

Johtimien lukumäärä	Johdinten tunnusvärit	Vaihtoehtoinen johdintunnus
3€ johdin kaapelit AMCMK 16...240 mm ² MCMK 25...240 mm ²	PEN kuparilankakerros(kv) 1 musta (L1) 2 musta +lisämerkki(L2) 3 ruskea (L3)	PEN kuparilankakerros(kv) musta ja no 1 musta ja no 2 musta ja no 3
3€+€ johdin kaapelit AMCMK 35...240 mm ² MCMK 35...240 mm ²	PE kuparilankakerros(kv) (€) vaaleansininen (N) musta (L1) musta +lisämerkki(L2) ruskea (L3)	PE kuparilankakerros(kv) (€) vaaleansininen musta ja no 1 musta ja no 2 musta ja no 3

Taulukossa olevat johtimien säienumerot ovat sisäisiä/ohjeellisia yhtenäisen käytännön aikaan saamiseksi.

3.3.10. Häiriösuojatut 1kV voimakaapelit (AMCCMK ja MCCMK)

Sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) säätelevä EU-direktiivi 89/336/EEC tuli voimaan tammikuussa 1996. Direktiivin tarkoittamien laitteiden ja järjestelmien on oltava rakenteeltaan sellaisia, ettei niiden sähkömagneettinen häiriöpäästö ylitä tasoa, joka estäisi radio-, tele- tai muiden laitteiden toimimisen tarkoitettulla tavalla. Toisaalta niillä tulee olla riittävä häiriöiden sietokyky, joka mahdollistaa niiden toimimisen tarkoitettulla tavalla.

Häiriösuojausominaisuudet korostuvat ympäristössä, jossa esiintyy suuritaajuisia häiriövirtoja ja -kenttiä. Tällaisia ympäristöjä on mm. teollisuuslaitoksissa, joissa käytetään uusia suuren kytkentätaajuuden omaavia taajuusmuuttajakäyttöjä. Näiden synnyttämät häiriötaajuudet voivat olla kymmeniä jopa satoja megahertsejä. Tällöin kaapelin siirtoimpedanssin merkitys on ratkaiseva. Mitä pienempi on kaapelin siirtoimpedanssi suurilla taajuuksilla, sitä parempi on kaapelin häiriösuojaus- ja sietokyky.

ABB:n asennusohjeessa ACV 700 tyyppisille taajuusmuuttajakäyttöille on kaapelin siirtoimpedanssille asetettu maksimiraja $100 \text{ m}\Omega/\text{m}$ eri taajuuksilla 100 MHz asti. Tätä vaatimusta tavalliset AMCMK- ja MCMK- tyyppiset konsentrisella suojavaipalla varustetut kaapelit eivät täytä.

Näihin kohteisiin on kehitelty häiriösuojatut alumiinijohtimiset, AMCCMK- ja kuparijohtimiset MCCMK-kaapelit, joiden siirtoimpedanssi on pienempi kuin $10 \text{ m}\Omega/\text{m}$ alueella 0...200 MHz. Näiden kaapeleiden värimerkinnät ovat samat kuin vastaavien AMCMK- ja MCMK- kaapeleiden. Katso taulukko 3.3h.

Taulukko 3.3j. Konsentrisella kuparijohtimella varustetut häiriösuojatut voimakaapelit AMCCMK 0,6/1 kV ja MCCMK 0,6/1 kV.

Johtimien lukumäärä	Johdinten tunnusvärit	Vaihtoehtoinen johdintunnus
3-johdin kaapelit AMCMK 16...240 mm ² AMCCMK 25...240 mm ²	PEN kuparilankakerros(kv) 1 musta (L1) 2 musta +lisämerkki(L2) 3 ruskea (L3)	PEN kuparilankakerros(kv) musta ja no 1 musta ja no 2 musta ja no 3

Taulukossa olevat johtimien säienumerot ovat sisäisiä/ohjeellisia yhtenäisen käytännön aikaansaamiseksi.

3.4. Olosuhteiden luokittelu sähkölaitteille

3.4.1. Ympäristöolosuhteiden luokitus

Ympäristöolosuhteiden luokitus on määritelty standardissa SFS-EN 60721-3-3

Se on yhtäpitävä standardin IEC 60 721-3-3 (1994) kanssa.

Ympäristötekijöiden ja niiden rasitusasteiden luokituksella määritellään ne rasitukset, joiden vaikutuspiiriin sähkölaite voi asennuspaikallaan joutua ja jotka sen tulee vahingoittumatta kestää.

Olosuhteet, joiden vaikutuspiiriin sähkölaite voi joutua, on standardissa ryhmitelty:

- Ilmastolliset olosuhteet
- Ilmastolliset erityisolosuhteet
- Biologiset olosuhteet
- Kemialliset aktiiviset aineet
- Mekaaniset aktiiviset aineet
- Mekaaniset olosuhteet

Ilmastotyypit on kuvattu erikseen standardissa IEC 60 721-2-1. Ne ovat:

- Erittäin kylmä (Extremely cold)
- Kylmä (Cold)
- Kylmä lauhkea (Cold temperature)
- Lämmin lauhkea (Warm temperature)
- Lämmin kuiva (Warm dry)
- Leuto lämmin kuiva (Mild warm dry)
- Erittäin lämmin kuiva (Extremely warm dry)
- Lämmin kostea (Warm damp)
- Tasaisen lämmin kostea (Warm damp squable)

3.4.2. Ilmastolliset olosuhteet (taulukko 3.4a)

Luokkien 3K1...3K8 ilmastollisilla olosuhteilla katetaan olosuhteet säältä suojatuissa tiloissa. Ne on koottu maailmanlaajuisten mittausten tuloksena ottaen huomioon kaikki vaikuttavat parametrit. Tällaisia ovat esim. ulkoiset (ulkoilman) ilmastolliset olosuhteet, rakennustyyppi, lämpötilan/ kosteuden säätöjärjestelmät ja sisäiset olosuhteet, asennettujen laitteiden lämmön luovutus, ihmiset jne. Olosuhteet kattavat kaikki normaalit tilanteet, mutta ei epätavallisia tilanteita, esim vikaa ilmastointijärjestelmässä.

Esim. Luokka 3K1

- Ilman lämpötila	+20 - +25 °C
- Suhteellinen kosteus	20 - 75 %
- Absoluuttinen kosteus	4 - 15 g / m ³
- Lämpötilan muutosnopeus	0,1 °C/min
- Ilmanpaine	70 - 106 kPa
- Auringon säteily	500 W / m ²
- Lämpösäteily	Ei
- Ympäröivän ilman liike	0,5 m / s
- Kondensoituminen	Ei
- Tuulen kuljettama vesi-, lumi-, tai jäätävä tihkusade	Ei
- Muu vesi	Ei
- Jäätyminen	Ei

Esimerkkiolosuhde vastaa mm. asunnon tai toimiston sisäolosuhteita.

Taulukko 3.4a. Ilmastollisten olosuhteiden luokitus.

Ympäristökijä	Yksikkö	Luokka										
		3K1	3K2	3K3	3K4	3K5	3K6	3K7	3K7L	3K8	3K8H	3K8L
a) Matala ilman lämpötila	°C	+20 ³⁾	+15	+5	+5	-5	-25	-40	-40	-55	-25	-55
b) Korkea ilman lämpötila	°C	+25 ³⁾	+30	+40	+40 ⁵⁾	+45 ⁵⁾	+55	+70	+40	+70	+70	+55
c) Pieni suhteellinen kosteus	%	20	10	5	5	5	10	10	10	10	10	10
d) Suuri suhteellinen kosteus	%	75	75	85	95	95	100	100	100	100	100	100
e) Pieni absoluuttinen kosteus	g/m ³	4	2	1	1	1	0,5	0,1	0,1	0,02	0,5	0,02
f) Suuri absoluuttinen kosteus	g/m ³	15	22	25	29	29	29	35	35	35	35	29
g) Lämpötilan muutosnopeus ¹⁾	°C/min	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
h) Matala ilmanpaine ⁷⁾	kPa	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
i) Korkea ilmanpaine ²⁾	kPa	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
j) Auringon säteily	W/m ²	500	700	700	700	700	1120	1120	-	1120	1120	1120
k) Lämpösäteily	-	ei	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)
l) Ympäröivän ilman liike ⁴⁾	m/s	0,5	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾
m) Kondensoituminen	-	ei	ei	ei	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
n) Tuulen kuljettama vesisade, lumisade jäätävä tiikusade	-	ei	ei	ei	ei	ei	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
o) Vesi, muu kuin sade	-	ei	ei	ei	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)
p) Jäätyminen	-	ei	ei	ei	ei	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä

1) Keskiarvo 5 minuutin ajalta.

2) Kaivosolosuhteita ei ole otettu huomioon.

3) Nämä ovat ilmastoituja tiloja, joissa lämpötila pysyy $\pm 2^{\circ}\text{C}$ tarkkuudella annetussa arvossa.

4) Jäähdytys, joka perustuu vapaaseen ilmankiertoon, voi häiriintyä ympäröivän ilman erisuuntaisista liikkeistä.

5) Tarvittaessa voidaan valita erityisolosuhte taulukosta 3.4b.

6) Taulukosta 3.4b valitaan ne olosuhteet, jotka esiintyvät käyttöpaikalla.

7) Paineen 70 kPa rasisaste arvot käsittävät maailman laajuisen käytön (korkeus merenpinnasta aina 3000 m). Joissakin tapauksissa arvo voidaan ottaa taulukosta 3.4b.

3.4.3. Ilmastolliset erityisolosuhteet (taulukko 3.4b)

Ympäristötekijät: lämpösäteily, ympäröivän ilman liike, vesi (muu kuin sade), korkea ilman lämpötila ja matala ilmanpaine voivat esiintyä kaikkine rasitusasteineen minkä muun ilmastollisen olosuhteen kanssa tahansa. Nämä erityisolosuhteet on määritelty taulukossa 3.4b.

Taulukko 3.4b. Ilmastollisten erityisolosuhteiden luokitus.

Ympäristötekijä	Luokka	Yksikkö	Erityisolosuhte Z
b) Korkea ilman lämpötila	3Z11	°C	+55
h) Matala ilmanpaine ³⁾	3Z12	kPa	84
k) Lämpösäteily	3Z1	-	Merkityksetön
	3Z2	-	Lämpösäteily, esim. huoneen lämmitys-järjestelmän läheisyydessä
	3Z3	-	Lämpösäteily, esim. huoneen lämmitys-järjestelmän, teollisuudessa käytössä olevien uunien ja kuumentimien läheisyydessä
l) Ympäröivän ilman liike ¹⁾	3Z4	m/s	5
	3Z5	m/s	10
	3Z6	m/s	30
o) Vesi, muu kuin sade- vesi ²⁾	3Z7	-	Tippuva vesi
	3Z8	-	Hienojakoinen vesi (suihku)
	3Z9	-	Roiskevesi
	3Z10	-	Painevesisuihku
<p>¹⁾ Jäähdytys, joka perustuu vapaaseen ilman kiertoon, voi häiriintyä ympäröivän ilman erisuuntaisesta liikkeestä.</p> <p>²⁾ Vedenalaisia olosuhteita ei käsitellä</p> <p>³⁾ Luokka 3Z12 vastaa suunnilleen 1400 m korkeutta meren pinnasta</p>			

3.4.4. Biologiset olosuhteet (taulukko 3.4c)

Näille olosuhteille ei standardissa ole määrällisiä rasitteita. Taulukossa 3.4c on määritelty tyyppilliset tekijät, mutta ne ei välttämättä ole täydellisiä.

Taulukko 3.4c. Biologisten olosuhteiden luokitus.

Ympäristötekijä	Yksikkö	Luokka		
		3B1	3B2	3B3
Kasvusto	-	ei	Home, sienet, jne.	Home, sienet, jne.
Eläimistö	-	ei	Jyrsijät ja muut tuotteen haitalliset eläimet, lukuunottamatta termiittejä	Jyrsijät ja muut tuotteen haitalliset eläimet termiitit mukaan lukien

3.4.5. Kemialliset aktiiviset aineet (taulukko 3.4d)

Ulkoilman saastuminen johtuu pääasiassa teollisuuden, moottoriajoneuvojen ja lämmitysjärjestelmien kemiallisista päästöistä. Suolojen aerosolit aiheuttavat kemiallisen lisävaikutuksen. Saasteet saattavat vaikuttaa sähköteknillisen tuotteen toimintaan ja materiaaleihin. Käytännössä ei kaikki standardissa luokitellut epäpuhtaudet esiinny saman aikaisesti. Yleensä kaikki materiaalit kestävät luokassa 3C1 määritellyt arvot. Luokassa 3C2 määritellyt arvot esiintyvät asutuskeskuksissa.

Taulukko 3.4d. Kemiallisesti aktiivisten aineiden luokitus.

Ympäristötekijä	Yksikkö ¹⁾	Luokka		3C1		3C2		3C3 ³⁾		3C4 ³⁾	
		3C1R Maks. arvo	3C1L Maks. arvo	Maks. arvo	Keski- arvo ²⁾	Maks. arvo	Keski- arvo ²⁾	Maks. arvo	Keski- arvo ²⁾	Maks. arvo	
a) Meri ja tiesuolat	ei	ei	ei	ei ⁴⁾	suolasumua		suolasumua		suolasumua		
b) Rikkidioksidi	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,01 0,0037	0,1 0,037	0,1 0,037	0,3 0,11	1,0 0,37	5,0 1,85	10 3,7	13 4,8	40 14,8	
c) Rikkivety	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,0015 0,001	0,01 0,0071	0,01 0,0071	0,1 0,71	0,5 0,36	3,0 2,1	10 7,1	14 9,9	70 49,7	
d) Kloori	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,001 0,00034	0,01 0,0034	0,1 0,034	0,1 0,034	0,3 0,1	0,3 0,1	1,0 0,34	0,6 0,2	3,0 1,0	
e) Kloorivety	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,001 0,00066	0,01 0,0066	0,1 0,066	0,1 0,066	0,5 0,33	1,0 0,66	5,0 3,3	1,0 0,66	5,0 3,3	
f) Fluorivety	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,001 0,00012	0,003 0,0036	0,003 0,0036	0,1 0,012	0,3 0,036	0,1 0,12	2,0 2,4	0,1 0,12	2,0 2,4	
g) Ammoniakki	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,03 0,042	0,3 0,42	0,3 0,42	1,0 1,4	3,0 4,2	10 14	35 49	35 49	175 247	
h) Otsoni	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,004 0,002	0,01 0,005	0,01 0,005	0,05 0,025	0,1 0,05	0,1 0,05	0,3 0,15	0,2 0,1	2,0 1,0	
l) Typpioksidit (ekvivalenttiarvona ilmaistuna)	mg/m ³ cm ³ /m ³	0,01 0,005	0,1 0,052	0,1 0,052	0,5 0,26	1,0 0,52	3,0 1,56	9,0 4,68	10 5,2	20 10,4	

¹⁾ Yksikössä cm³/m³ annetut arvot laskettu mg/m³-arvoista 20 °C lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

²⁾ Keskiarvot ovat oletettuja pitkän aikavälin keskiarvoja. Maksimiarvot ovat raja-arvoja tai huippuarvoja, jotka eivät esiinny yli 30 minuutin ajan päivässä.

³⁾ Luokkaa 3C3 ja 3C4 ei välttämättä tarvitse pitää vaatimuksena kaikkien esitettyjen ympäristötekijöiden samanaikaisesta vaatimuksesta. Voidaan myös menetellä niin, että yksittäisten ympäristötekijöiden arvot valitaan näistä luokista ja mainitsemattomien ympäristötekijöiden arvot valitaan luokasta 3C2.

⁴⁾ Merisuolasumua voi esiintyä rannikolla katetuissa ja merellä kiinteästi olevissa tiloissa.

3.4.6. Mekaaniset aktiiviset aineet (taulukko 3.4e)

Hiekka ja pöly on luokiteltu yhdessä, koska niiden aiheuttamat vaikutukset ovat samanlaiset.

Taulukko 3.4e. Mekaanisesti aktiivisten aineiden luokitus.

Ympäristötekijä	Yksikkö	Luokka			
		3S1	3S2	3S3	3S4
a) Hiekka	mg / m ³	ei	30	300	3000
b) Pöly (leijuva)	mg / m ³	0,1	0,2	0,4	4,0
c) Pöly (laskeuma)	mg / (m ² h)	0,4	1,5	15	40

3.4.7. Mekaaniset olosuhteet (taulukko 3.4f)

Tärinäolosuhteet (sinimuotoinen) on luokiteltu kiihtyvyyden ja poikkeaman, amplituudin, rasitusasteina alempaan ja ylempään taajuusalueeseen.

Taulukko 3.4f. Mekaanisten olosuhteiden luokitus.

Ympäristötekijä	Yksikkö	Luokka							
		3M1	3M2	3M3	3M4	3M5	3M6	3M7	3M8
a) Jatkuva tärinä, sinimuotoinen Poikkeaman huippuarvo	mm	0,3	1,5	1,5	3,0	3,0	7,0	10	15
Kiihtyvyyden huippuarvo	m/s ²	1	5	5	10	10	20	30	50
Taajuusalue	Hz	2-9	2-9	2-9	2-9	2-9	2-9	2-9	2-9
“	Hz	9-200	9-200	9-200	9-200	9-200	9-200	9-200	9-200
B) Epäjatkua tärinä, isku mekaanlukien: Iskuspektrin tyyppi I huippukiihtyvyys ↑	m/s ²	40	40	70	-	-	-	-	-
Iskusektrin tyyppi I huippukiihtyvyys ↑	m/s ²	-	-	-	100	-	-	-	-
Iskusektrin tyyppi II huippukiihtyvyys ↑	m/s ²	-	-	-	-	250	250	250	250

3.4.8. Ympäristöluokkien yhdistelmät (taulukko 3.4g)

Usein sähkölaitetta rasittaa erilaisten olosuhteryhmien yhdistelmät (taulukot 3.4a ... 3.4f). Taulukossa 3.4g on rajoitettu mahdollisuudet yleisiin tapauksiin standardisoiduiksi yhdistelmiksi. Annetulle tilalle tai tuotteelle voidaan sitten tehdä viittaukset tähän yhdistelmään, esim IE32. Ainoastaan silloin, kun tämän määrittelyn ei katsota kattavan olosuhteita, tehdään viittaukset olosuhteet yksilöiviin luokkiin, taulukot 3.4a ... 3.4f.

Taulukko 3.4g. Ympäristöluokkien yhdistelmät.

Olosuhde	Ympäristöluokan yhdistelmät						
	IE31	IE32	IE33	IE34	IE35	IE36	IE37
Ilmasto-olosuhde	3K2	3K3	3K3	3K4	3K5	3K6	3K7
Eritysilmasto-olosuhde	-	3Z2	3Z2	3Z2	3Z2	3Z2	3Z2
	-	3Z4	3Z4	3Z4	3Z4	3Z5	3Z5
	-	-	-	3Z8	3Z8	3Z8	3Z8
Biologiset olosuhteet	3B1	3B1	3B1	3B2	3B2	3B2	3B2
Kemiallisesti aktiiviset aineet	3C1	3C1	3C2	3C2	3C2	3C2	3C2
Mekaanisesti aktiiviset aineet	3S1	3S1	3S2	3S2	3S3	3S3	3S3
Mekaaniset olosuhteet	3M1	3M1	3M2	3M2	3M3	3M3	3M3

3.4.9. Esimerkkijä ympäristöolosuhteista

Esimerkki 1

TV-vastaanottimelle tarkoitettu tila.

Alueen ulkoilman ilmasto: Kylmän lauhkea, ei rannikkoseudulla.

Tilan ilmastollisen säädön ja sijoituksen tyyppi: Suljettu tila, jossa lämpötilaa säädetään. Kosteutta ei säädetä. Lämmitystä tai jäähdytystä käytetään vaadittujen olosuhteiden ylläpitoon.

K	Ilmastolliset olosuhteet	3K1 3K2 <u>3K3</u> 3K4 3K5 3K7 3K7L 3K8 3K8H 3K8L
Z	Ilmastolliset erityisolosuhteet	<u>3Z1</u> 3Z2 3Z3 3Z4 3Z5 3Z6 3Z7 3Z8 3Z9 3Z10
B	Biologiset olosuhteet	<u>3B1</u> 3B2 3B3
C	Kemialliset aktiiviset aineet	3C1 <u>3C2</u> 3C3 3C4
S	Mekaaniset aktiiviset aineet	3S1 <u>3S2</u> 3S3 3S4
M	Mekaaniset olosuhteet	3M1 <u>3M2</u> 3M3 3M4 3M5 3M6 3M7 3M8
Yhteenveto:		3K3/3Z1/3B1/3C2/3S2/3M2

Esimerkki 2

Painettujen piirien tuotantotila (etsaus ja sähköinen pinnoitus).

Alueen ulkoilman ilmasto: Kylmän lauhkea, ei rannikkoseudulla.

Tilan ilmastollisen säädön ja sijoituksen tyyppi: Suljettu tila, jossa lämpötilaa säädetään ja suhteellinen kosteus vaihtelee suuresti. Kosteutta ei säädetä. Lämmitystä tai jäähdytystä käytetään vaadittujen olosuhteiden ylläpitoon. Lämpösäteilyä uuneista ja tippuvaa vettä tai hienojakoista vesisuihkua voi esiintyä.

K	Ilmastolliset olosuhteet	3K1 3K2 3K3 <u>3K4</u> 3K5 3K7 3K7L 3K8 3K8H 3K8L
Z	Ilmastolliset erityisolosuhteet	3Z1 3Z2 <u>3Z3</u> 3Z4 3Z5 3Z6 <u>3Z7</u> <u>3Z8</u> 3Z9 3Z10
B	Biologiset olosuhteet	3B1 <u>3B2</u> 3B3
C	Kemialliset aktiiviset aineet	3C1 3C2 <u>3C3</u> ^{*)} 3C4
S	Mekaaniset aktiiviset aineet	3S1 <u>3S2</u> 3S3 3S4
M	Mekaaniset olosuhteet	3M1 3M2 3M3 <u>3M4</u> 3M5 3M6 3M7 3M8
Yhteenveto:		3K4/3Z3/3Z7/3Z8/3B2/3C3/3S2/3M4
*) Kloorivedylle ja ammoniakille		

3.4.10. Sähkölaitteiden koteloitiluokat

Sähkölaitteiden koteloitiluokat (IP-koodi) on määritelty standardissa SFS-EN 60529

Se on laadittu standardin IEC 60 529 (1989) pohjalta.

Koteloitiluokalla määritellään sähkölaitteen ulkokuoren tai vaipan kyky:

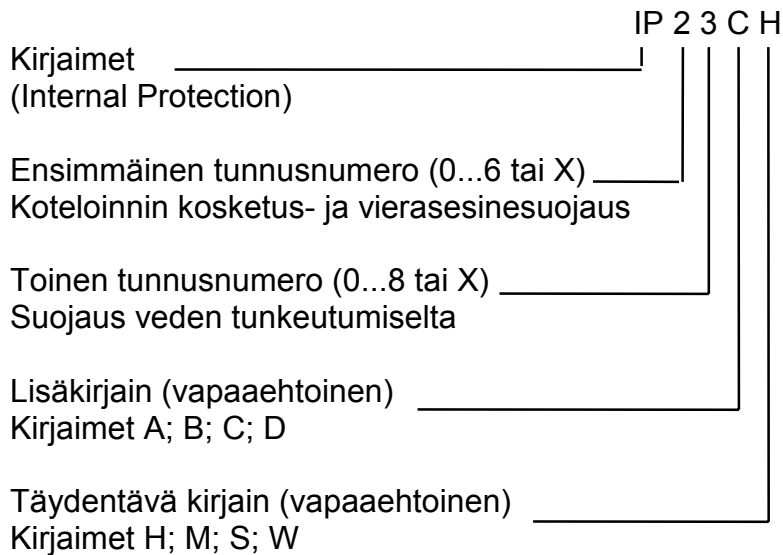
- estää henkilöitä koskettamasta sen sisällä olevia vaarallisia (jännitteisiä) osia,
- estää vieraiden esineiden ja pölyn haitallinen tunkeutuminen koteloinnin suojaamiin käyttölaitteisiin ja
- estää veden haitallinen tunkeutuminen koteloinnin suojaamiin käyttölaitteisiin.

Taulukko 3.4h. IP-koodin osat ja niiden merkitys.

IP koodin osat	Numero tai kirjain	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä: (suojaamaton) kun halkaisija ≥ 50 mm kun halkaisija $\geq 12,5$ mm kun halkaisija $\geq 2,5$ mm kun halkaisija ≥ 1 mm Pölysuojattu Pölytiivis	Vaaralliset osat kosketussuojattu: (suojaamaton) nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta
Toinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänpääsyn haitalliselta vaikutukselta (suojaamaton) pystysuoraan tippuvalta vedeltä tippuvalta vedeltä (laitt.kallistus 15°) satavalta vedeltä roiskuvalta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytaikaisesti upotettuna jatkuvasti upotettuna	—
Lisäkirjain (vapaaehtoinen)	A B C D	—	Vaaralliset osat kosketussuojattu: nyrkiltä sormelta työkalulta langalta
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)	H M S W	Täydentävän tiedon merkitys: Suurjännite ¹⁾ Vesisuojaus koestettu laitteen käytössä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääoloihin	

1) >1000 V AC tai >1500 V DC

Kotelointiluokan tunnus ilmoitetaan IP-koodilla seuraavasti:



Jos tunnusnumeroa ei tarvita, korvataan se kirjaimella "X" ("XX" tapauksessa, jossa molemmat tunnusnumerot jätetään pois). Lisäkirjaimet ja täydentävät kirjaimet voidaan jättää pois korvaamatta niitä millään merkillä.

Kotelointiluokan lisäkirjain

Kotelointiluokan lisäkirjain ilmaisee henkilöiden suojauksen vaarallisten osien kosketukselta. Sitä käytetään vain,

- jos laitteen kosketussuojaus on parempi kuin ensimmäisellä tunnusnumerolla esitetty
- jos vain vaarallisten osien kosketussuojaus ilmoitetaan ja ensimmäinen numero on korvattu kirjaimella X.

Tällainen parempi suojaus voidaan toteuttaa suojuksilla, sopivilla aukkojen muodoilla tai etäisyyksillä kojeiston sisällä.

Taulukko 3.4j. Kotelointiluokan lisäkirjain; vaarallisten osien kosketussuojaus.

Lisäkirjain	SUOJAOMINAISSUUS		Koestus ja voima kokeessa
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä	
A	Kosketussuojattu nyrkiltä	Pallomaisella etäisyyskoettimella, Ø50mm, on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista.	Pallomaisella, etäisyyskoettimella, Ø50mm, voima 50 N ± 10 %
B	Kosketussuojattu sormelta	Halkaisijaltaan 12 mm ja pituudeltaan 80 mm olevalla nivelsormella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista	Nivelsormella, Ø12mm, pituus 80 mm voima 10 N ± 10 %
C	Kosketussuojattu työkalulta	Halkaisijaltaan 2,5 mm ja pituudeltaan 100 mm olevalla etäisyyskoettimella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista	Etäisyyskoettimella, Ø2,5 mm, pit. 100mm voima 3 N ± 10 %
D	Kosketussuojattu langalta	Halkaisijaltaan 1,0 mm ja pituudeltaan 100 mm olevalla etäisyyskoettimella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista	Etäisyyskoettimella, Ø1,0 mm, pit. 100mm voima 1 N ± 10 %

Kotelointiluokan täydennyskirjain

Laitekohtaisessa standardissa täydentävä tieto voidaan antaa toista tunnusnumeroa ja/tai lisäkirjainta seuraavalla täydennyskirjaimella. Tällöin on laitekohtaisesta standardista ilmentävä, mitä lisätoimenpiteitä on tehtävä lisäkirjainten ilmaisemissa kokeissa. Kirjaimia H, M, S ja W saa käyttää vain taulukossa 3.4h ilmoitetussa merkityksessä.

Kirjainten M ja S puuttuminen tarkoittaa, että suojausluokitus ei riipu siitä onko laite käynnissä tai pysähdyksissä.

3.4.11. Esimerkkejä IP-koodista

Esim.1 IP X1 B

Merkitys laitesuojauksessa:

X Vieraiden esineiden sisäänkäsyyn ei oteta kantaa.

1 Suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä.

Merkitys henkilösuojauksessa:

B Kosketussuojattu sormelta (Koestus nivelsormella, Ø12mm, pituus 80 mm).

Esim.2 IP 11 B

Merkitys laitesuojauksessa:

1 Halkaisijaltaan ≥ 50 mm vieraiden esineiden sisäänkäsy on estetty.

1 Suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä.

Merkitys henkilösuojauksessa:

B Kosketussuojattu sormelta (Koestus nivelsormella, Ø12mm, pituus 80 mm).

Esim.3 IP 23

Merkitys laitesuojauksessa:

2 Halkaisijaltaan $\geq 12,5$ mm vieraiden esineiden sisäänkäsy on estetty.

3 Suojattu satavalta vedeltä; enintään 60° kulmassa satava vesi ei haittaa.

Merkitys henkilösuojauksessa:

2 Kosketussuojattu sormelta (Koestus nivelsormella, Ø12mm, pituus 80 mm).

Esim.4 IP 23 CM

Merkitys laitesuojauksessa:

2 Halkaisijaltaan $\geq 12,5$ mm vieraiden esineiden sisäänkäsy on estetty.

3 Suojattu satavalta vedeltä; enintään 60° kulmassa satava vesi ei haittaa.

M Vesisuojaus on koestettu laitteen liikkuvien osien ollessa toiminnassa.

Merkitys henkilösuojauksessa:

C Kosketussuojattu työkalulta (Koestus etäisyyskoettimella, Ø2,5 mm, pit. 100mm).