

Handbók í hönnun rafkerfa

**Útgefandi: Rafstaðlaráð
1. úgáfa, 2003**

Handbók í hönnun rafkerfa

Útgefandi: Rafstaðlaráð

Umsjón:

Tækninefnd á vegum RST

Gísli Júlíusson formaður, Kjartan Steinbach, Sigurður Geirsson og Ásgrímur Jónasson

Formáli

Stjórn Rafstaðlaráðs Íslands ákvað í ársbyrjun 1995 að stofna nefnd, sem fengi það verkefni að útbúa handbók, sem fyrst og fremst nýttist til kennslu fagmanna á raftæknisviðinu og einnig sem handbók fyrir sömu aðila. Fagmenn nota mismunandi gögn, og koma því oft upp þau tilvik, að þessir aðilar tala ekki sama mál, þegar þeir bera saman bækur sínar.

Reynt var að fá ýmsa aðila til að tilnefna fulltrúa í nefnd, sem kæmi til með að sjá um verkið og virkja hina ýmsu hagsmunaaðila til starfa, en aðeins tókst að fá fjóra tilnefnda, og heltist einn fljótlega úr lestinni. Þeir, sem eftir urðu og hafa séð um útgáfuna, eru þeir Gísli Júlíusson, fulltrúi Landsvirkjunar, Jón Björn Helgason, frá Rafmagnsveitu Reykjavíkur og Kjartan Steinbach frá Verkfræðistofunni Afli og Orku. Hannes Sigurjónsson sá um að teikna flestar myndir bókarinnar.

Jón Björn Helgason lést á árinu 1997. Heimir Jón Guðjónsson frá Fræðslumiðstöð rafiðnaðarins, Sigurður Geirsson frá Rafiðnaðarskólanum og Sigurður Sigurðarson hjá Staðlaráði hafa verið nefndinni til aðstoðar, og hafa Rafiðnaðarskólinn og Staðlaráð veitt nefndinni aðstöðu. Ásgrímur Jónasson rafiðnfræðingur var fenginn til að halda utan um starfið með formanni.

Þau gögn, sem handbókin byggist á, eru nýja ÍST EN IEC 60617 staðlaröðin sem kemur í staðinn fyrir ÍST 117 og IEC 1082, sem orðinn er að evrópskum og þar með íslenskum staðli ÍST EN 61082. Einnig er þýski forstaðallinn DIN V 6779-1 og -2 hafður til hliðsjónar ásamt SI-kerfinu. ÍST 117 var á sínum tíma þýddur á Íslensku, að mestuleyti af Orðanefnd rafmagnsverkfræðingadeildar Verkfræðingafélags Íslands, og eru þær þýðingar notaðar, að svo miklu leyti, sem ekki hefur verið breytt frá honum.

Handbókin endurspeglar það nýjasta í rafstaðlamálum, en breytingar á stöðlum eru sífellt á ferðinni.

Teknisk Forlag A/S í Danmörku gaf út handbók, sem nefnist El Diagram Håndbogen í annað sinn 1991, og hafa þeir vinsamlegast gefið leyfi til að hafa hana til hliðsjónar fyrir mjög hóflegt gjald.

Farið hefur verið eftir dönsku handbókinni, í aðalatriðum, en nokkuð stytta, þar sem þetta er útgáfa, sem vonandi verður bætt við. Að auki hefur handbókinni um SI-kerfið verið bætt við.

Gísli Júlíusson þýddi dönsku Handbókina, að mestu, og er sú þýðing grunnur bókarinnar. Hreinn Jónasson raftæknifræðingur las þýðinguna yfir, og kom með gagnlegar ábendingar.

Ætlunin með bókinni er að hún nýtist til að samræma vinnu hönnuða, þar sem nú virðist ríkja mikið ósamræmi á milli þeirra. Einnig er von til að hún nýtist til kennslu í skólum og fyrir þá, sem vinna eftir teikningum.

Það er von Rafstaðlaráðs að bókinni verði vel tekið, þar sem greinileg þörf er fyrir slíka handbók.

Bókin er ekki en að fullu lokið og hefur verið ákveðið að setja bókina á Netið, til að byrja með, þar sem auðvelt er að bæta við og breyta. Sigurður Sigurðarson, ritari Rafstaðlaráðs, tók að sér að sjá um það. Bókin mun líklegast verða í sífelldri endurskoðun, og eru notendur hennar vinsamlegast beðnir að láta Rafstaðlaráð vita um tillögur að endurbótum, sem þeim kynni að detta í hug.

Gísli Júlíusson

Efnisyfirlit

Formáli.....	1
1. Leiðbeiningar um SI – kerfið, <i>Système International d'Unités</i>....	3
1.1 Hvað er SI kerfið?.....	3
1.2 Breytingin yfir í SI-kerfið.....	4
1.3 Grunneiningar SI kerfisins.....	4
1.4 Rúm og tími.....	11
1.5 Aflfræði.....	14
1.6 Efnisstyrkur.....	18
1.7 Varmi.....	19
1.8 Rafmagn og segulsvið.....	21
1.9 Ljós.....	23
1.10 Hjóðfræði.....	23
1.11 Eðlisefnafræði.....	24
1.12 Frumeinda og kjarneðlisfræði.....	25
1.13 Tölulegir eiginleikar.....	27
2. Almennar reglur.....	28
2.1 Skjöl.....	28
2.2 Stærð teikninga.....	29
2.3 Teikniaðferðir.....	30
2.4 Tilvísanir (kóðar).....	32
2.5 Teiknireglur.....	41
2.6 Notkun teiknitákna.....	45
3. Rásamyndir.....	50
3.1 Rafalar og hreyflar í rásamyndum.....	50
3.2 Staðlaðar hreyflatengingar.....	51
3.3 Töflur/Dreifivirki.....	56
3.4 Samfösunarbúnaður.....	57
3.5 Stýrirásamyndir.....	58
4. Tengimyndir ofl.....	71
4.1 Innri tengimyndir.....	71
4.2 Ytri tengimyndir.....	73
4.3 Yfirlitstengimyndir.....	75
4.4 Útlitsteikning og afstöðuteikning.....	80
4.5 Heiti og merkingar á vélum og neti.....	80
5. Rökrásastýringar.....	82
5.1 Flæðirit.....	83
5.2 Sannleikstöflur.....	94
5.3 Raðstýring - Þrepstýring.....	104

Handbók í raftækni

1. Leiðbeiningar um SI – kerfið, *Système International d'Unités*

1.1 Hvað er SI kerfið?

SI kerfið er einingakerfi sem samþykkt er af ædstu alþjóðlegu stjórn um einingar þ.e. General Conference on Weight and Measures (*Conférence Générale des poids et Mesures, CGPM*). Það er byggt upp af hinu eldra metrakerfi og hefur verið hannað til að nýtast í við allar aðstæður - sérhæfðar, tæknilegar eða vísindalegar.

SI kerfið er þannig uppbyggt að aðeins ein eining er notuð fyrir hverja tegund stærðar. Þetta gerir fjölda stærðareininga færri og kerfið verður auðveldara að nema og nota.

Uppbygging kerfisins gerir líka alla útreikninga einfaldari. Kostir SI kerfisins koma best í ljós ef farið er eftir reglunum um notkun þess.

Sögulegur bakgrunnur

Eldri mælieiningar voru ekki hluti af neinu mælikerfi. Einingar til mælinga ólíkra hluta voru búnar til óháðar hver annari. Imperial foot-pound (fet-pund) kerfið varð til eftir langa þróun mælieininga allt frá tímum Rómverja. Þrátt fyrir einföldun í nokkrum áföngum þá er í fet-pund kerfinu notast við margar einingar til mælinga á sama hlutnum td. tomma, fet, jardi og míla fyrir lengd.

Fyrsta velheppnaða einingakerfið var metrakerfið sem fundið var upp í Frakklandi um 1790. Metrakerfið var tekið upp á alþjóðavísu á Metre Convention (*Convention du Mètre*) með samningi 17 þjóða í París, Frakklandi árið 1875. Síðan þá hafa margar þjóðir bæst í hópinn og í dag eru þær 48.

Eftir því sem tæknin þróaðist var bætt við nýjum einingum í metrakerfið fyrir mismunandi svið. Í reynd var metrakerfið blanda nokkurra mismunandi kerfa.

Árið 1901 kom Ítalski rafmagnsverkfræðingurinn Givanni Giorgi með hugmynd um einingu sem tengdi saman rafrænar einingar og vélrænar einingar.

Tillaga Giorgis varð undirstaðan af MKSA (metri, kílógram, sekúnda og amper) - kerfinu, þar sem amper, A, var bætt inn í sem nýrri grunneiningu með hinum þremur eldri þ.e. metranum, *m*, kílógramminu, *kg*, og sekúndunni, *s*. Árið 1938 var bætt við MKSA kerfið afleiddu einingunni njúton, N fyrir kraft til að koma í staðin fyrir eininguna kílógram-kraftur(kgf) oftast kallað kílópond (Kp) sem var eining sem samræmdist ekki kerfinu. MKSA kerfinu var síðan breytt yfir í SI kerfið.

SI kerfið var skapað af International Committee for Weights and Measures, (Comité International des Poids et Mesures, CIPM) og var síðan breytt yfir í CGPM árið 1960 en þar sitja fulltrúar allra aðildarþjóðanna.

Þegar SI kerfið komst á laggirnar var bætt við 2 grunneiningum þ.e. Kelvin, *K*, fyrir varmafræði og kandela, *cd*, fyrir ljósstyrk. Árið 1971 var sjöundu grunneiningunni bætt við en þ.e. mól, *mol*, fyrir efnismagn.

Alþjóðastaðlaráðið, ISO hefur gefið út alþjóðastaðalinn ISO 31, *Stærðir og einingar* (Quantities and Units) í 14 hlutum og ISO 1000, *SI einingar og tillaga um notkun margfeldna af þeim og annara eininga*, fyrir notkun í SI kerfinu.

Byggt á ISO 31 og alþjóðastaðlinum IEC 27 "*Notkun bókstafatákna í raftækni*" (4 hlutar) frá Alþjóða Raftækniráðinu (International Electrotechnical Commission), IEC, þá hafa staðlaráð aðildarlandana breytt þjóðarstöðlum til samræmis við SI kerfið.

1.2 Breytingin yfir í SI-kerfið

Í flestum Evrópulöndum hefur metrakerfið verið notað frá því á 19 öld. Í þessum löndum var breytingin yfir í SI kerfið fólgin í því að hætta notkun eldri mælieininga svo sem kílópond, kp; kalóríu, kal; hestafls, hp; bar, bar, og taka upp nokkrar nýjar svo sem njúton, N, og pascal, Pa. Í löndum sem notuðu fet-pund kerfið er breytingin miklu meiri því þar breytast næstum allar einingar að tímanum undanskildum. Mörg stærri iðnríki eins og Bretland og Bandaríkin hafa breytt yfir í SI kerfið. Þar er mikið af verslunarvöru selt eftir metra einingum en td. vegamerkingar eru enþá í mílum og mílum á klukkustund.

1.3 Grunneiningar SI kerfisins.

SI kerfið er reist á 7 grunneiningum sem eru taldar sjálfstæðar. Með því að vinna með þær saman eftir einföldum eðlisfræðireglum og úteikningum er hægt að búa til nýjar stærðir afleiddra eininga. Fyrir hverja stærð er aðeins til ein SI eining. Grunneiningar með afleiddum einingum mynda síðan SI margföldunareiningar. Nokkra einingar utan SI kerfisins hafa verið samþykktar til notkunar með þeim. Þessar einingar eru kallaðar aukaeiningar.

SI eining, eða í nokkru tilfellum aukaeiningar eins og lítri, l, eða rafeindaspenna, eV, er hægt að nota með forskeytum sem þýða margföldun með ákveðnu veldi af tíu. Einingar sem hafa forskeyti eru kallaðar margfeldiseiningar til að aðskilja þær frá grunneiningum og afleiddum einingum.

1.3.1 Grunneiningar

Þær 7 grunneiningar sem mynda SI kefið hafa orðið til af sögulegum eða hagkvæmnis sökum, þær eru:

Tafla 1.

Grunnstærð	SI grunneining	
	Nafn	Merki
lengd	metri	m
massi	kílogram	kg
tími	sekúnda	s
rafstraumur	amper	A
hiti	kelvin	K
efnismagn	mól	mol
ljósstyrkur	kandela	cd

Grunneiningin kílógramm er skilgreind sem massi tiltekins sívalings sem er 90% platína og 10% irídium og er geymdur hjá International Bureau of Weight í Pavillion de Breteuil í bænum Séveres, rétt við París, í Frakklandi. Hinar 6 einingarnar eru skilgreindar með eðlisfræðilegum tilraunum. Alla þessa útreikninga má finna í ISO 31.

1.3.2 Afleiddar einingar

Afleiddar einingar eru myndaðar úr grunneiningum eftir eðlisfræðilegum tengslum eininganna.

Dæmi: Rúmmálseining er skilgreind með jöfnunni fyrir rúmmál tenings þ.e. $V=l^3$ þar sem l (í metrum) er lengd teningskants. SI eining er því 1 m^3 .

Dæmi: Hröðun er skilgreind með hjálp jöfnunnar um hraða, $v = l/t$, sem hefur SI eininguna 1 m/s . Jöfn hröðun, frá kyrrstöðu í lokahraðan v , á tímanum t , hefur táknið a og eininguna 1 m/s^2 .

Dæmi: Einingin fyrir kraft er skilgreind eftir jöfnu Newtons $F = m \cdot a$, þar sem F er sá kraftur sem hefur á massann m (í kg) sem hefur hröðunina a (í m/s^2). Því verður SI eining krafts $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ sem hefur fengið nafnið njúton, N.

Athugið engar aðrar einingar en grunneiningarnar eru notaðar til að tákna afleiddar einingar. Þetta skýrir hvað átt er við þegar sagt er að SI einingarnar séu samræmdar þ.e. engir tölulegir fastar eru notaðir.

Mælt er með að nota aðeins samræmdar einingar, til að komast hjá breytigildum.

Af ýmsum ástæðum hefur 21 afleidd eining fengið sitt eigið nafn og einingu eins og njúton, N. Það er mælt með því að þessi nöfn og einingar sé notað.

Dæmi: Rita skal Pa frekar en N/m^2 , rita skal V frekar en W/A

Afleiddar einingar í SI kerfinu með sín eigin nöfn og einingartákn eru sýnd í töflu 2. Í flestum útreikningum er þægilegra og minni hættu á mistökum ef aðeins eru notaðar grunneiningarnar við útreikninga á afleiddum stærðum. Þessar einingar eru einstakar á móti því sem notað er um afleiddar einingar.

Tafla 2

Afleidd stærð	SI afleidd eining	Sýnt í SI grunneiningum afleiddum einingum
flatarhorn	radian, rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
rúmhorn	steradian, sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
tíðni	herts, Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
kraftur	njúton, N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
þrýstingur, spenna	paskal, Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$
orka, vinna, varmi	júl, J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
afl, útgeislunar afl	vatt, W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s}$
rafhleðsla	kúlomb, C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
rafspenna	volt, V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W}/\text{A}$
rýmd	farad, F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C}/\text{V}$
viðnám	ohm, Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V}/\text{A}$
leiðni	siemens, S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
segulstreymi	veber, Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
segulstreymis þykkni	tesla, T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb}/\text{m}^2$
span	henry, H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb}/\text{A}$
hitastig	gráða á Celsíus ¹⁾ , °C	$1 \text{ }^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$
ljósstreymi	lumen, lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
birta	lux, lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$
geislavirkni	bekerel, Bq	s^{-1}
geislaskammtur	grey, Gy	J/kg
geislaálag	sívert, Sv	J/kg

1)Celsíusgráða er sérstakt nafn fyrir Kelvingráðu en notar annan skala. Kelvingráða telur frá alkuli (-273°C) en Celsíusgráða hefur núll punkt við fasaskipti vatns frá fljótandi yfir í fast form við 1000 hPa þrýsting.

1.3.3 Margfeldiseiningar

Oft er hentugt að nota margföldunarforskeyti með einingunum. Þau merkja ákveðið tugveldi og nefnist einingin ásamt forskeytinu margfeldiseining. CGPM hefur ákveðið 20 stöðluð margföldunarforskeyti til að nota með SI einingunum. Þetta sést í töflu 3.

Forskeytin eru notuð til að minka umfang talna. Þau eru yfirleitt notuð þannig að magntalan liggja á milli 0,1 og 1000 en þetta er ekki alltaf gerlegt eða ásættanlegt. Í útreikningum skal nota tugaveldin í stað forskeytanna

Tafla 3.

Margföldunarforskeyti í SI kerfinu		
Stuðull	Heiti	Tákn
10^{24}	jotta	Y
10^{21}	setta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	gíga	G
10^6	mega	M
10^3	kiló	k
10^2	hektó	h
10^1	deka	da
10^{-1}	desi	d
10^{-2}	senti	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	míkró	μ
10^{-9}	nanó	n
10^{-12}	píkó	p
10^{-15}	femtó	f
10^{-18}	attó	a
10^{-21}	septó	z
10^{-24}	joktó	y

Forskeytin hektó, h; deka, da; desi, d; og senti, c; skal einingus nota ef önnur forskeyti þykja óhentug.

Dæmi: skrifið 4 dm² frekar en 0,04 m² eða 40.000 mm² og skrifið 4 cm³ frekar en 0,000 004 m³ eða 4000 mm³. Í nokkrum tilfellum ætti að nota sama forskeyti óháð stærð gildisins td. í töflum og línuritum þar sem sama gildið ætti að nota fyrir sömu magneiningu og í tækniteiknun ætti alltaf að nota millimetra.

Samsett forskeyti má aldrei nota.

Dæmi: Skrifa skal GWh en ekki MkWh

Forskeyti í nefnara skal sérstaklega forðast. Dæmi: Skrifa skal mΩ/m frekar en Ω/km

Athugið að einingin kg sem hefur forskeyti af sögulegu orsökum og er búin til með því að setja forskeyti við SI grunneininguna gramm, g. Því ber að skrifa mg en ekki μKg.

Athugið að veldi við stærðargildi með forskeyti hefur áhrif á það.

Dæmi: 1 km² = 1 km · 1 km = 10⁶ m² (ekki 10³ m²); 1 ms⁻¹ = (10⁻³ s)⁻¹ = 10³ s⁻¹

Notið forskeytin í töflum, línuritum, texta og þar sem það er viðeigandi. Forskeyti má nota fyrir annað en eðlisfræðieiningar eins og td. gjaldmiðla.

Dæmi: 21 kGBP = 21.000 GBP (Bresk pund), 31 MUS\$ = 31.000.000 USD (Bandaríkjadalir), 41 GISK = 41.000.000.000 ISK (41 milljarðar íslenskra króna).

Notið ekki gjaldeyrirmerkingar á undan upphæðum eins og \$, £, eða kr þar sem mörg lönd nota dalir, pund og krónur.

Athugið að SI-forskeyti eru alltaf í tugaveldi. Þau má aldrei nota sem veldi af 2 eins og 2¹⁰ = 1024 ≈ 10³; 2²⁰ = 1.048.576 ≈ 10⁶ osfr.

Dæmi: 1 kbiti = 1000 bitar, ekki 1024 bitar.

1.3.4 Aukaeiningar

SI einingar ná yfir allt svið eðlisfræði og tækni. Þó hafa nokkrar einingar verið viðurkenndar af CIPM til notkunar með SI einingum vegna mikilvægi þeirra í daglegri notkun. Þessar einingar eru kallaðar aukaeiningar og eru sýndar í töflu 4 og 5.

Tafla 4.

Stærð	Eining	Skilgreining
tími	mínúta, mín klukkustund, h dagur, d	1 mín = 60 s 1 h = 60 mín 1 d = 24 h
flatarhorn	gráða, ° mínúta, ' sekúnda, ''	1 = (π / 180) rad 1' = (1/60)° 1'' = (1/60)'
rúmmál	lítri, l (L) ¹⁾	1 l = 1 dm ³
massi	tonn, t ²⁾	1 t = 10 ³ kg
stig (td. hljóðstig)	neper, Np (deyfing) bel, B	1 Np = 1 1 B = 10 dB = (1/2) ln 10 Np

1) Það má einnig nota L, en ISO mælir með notkun á l, 2) einnig nefnt "metric ton" á ensku

Tafla 5

Stærð	Eining	Skilgreining
orka	rafeindavolt, eV	Rafeindavolt er sú hreyfiorka sem rafeind tekur í sig við að hreyfast í gegnum 1 V spennunumun í lofttæmi. 1 eV \approx 1,602 177 \cdot 10 ⁻¹⁹ J
massi	atómmassi, u (unified atomic mass unit)	atómmassi er eining sem jafngildir 1/12 af massa atóms af frumefninu 12C: 1 u \approx 1,660 540 \cdot 10 ⁻²⁷ kg
lengd	stjarnfræðieining, ua (astronomical unit)	stjarnfræðieining er meðal vegalengd frá jörð að sól: 1 ua = 1,495 979 \cdot 10 ¹¹ m

Þessar viðbótareiningar má nota hvenær sem henta þykir. Þó ætti að forðast að nota þær í hreinum tæknilegum eða vísindalegum viðfangsefnum. Forðast ætti að nota viðbótareiningar með öðrum SI einingum. Nokkrar undantekningar eru frá þessu sem eru mikið notaðar. Algengustu einingarnar eru: kílómetrar á klukkustund, km/h; vattstundir, Wh og margfeldi þeirrar stærðar eins og amperstundir, Ah; mól í lítri, mol/l; og gram í líter, g/l. Einnig eru notaðar einingarnar r/min (snúningar á mínútu), og r/s (snúningar á sekúndu) sem er ásættanleg í stað eininganna min⁻¹ og s⁻¹. Einingin sjómíla (1852 m) og hnútur (1852 m/h) eru aukaeiningar, sem ennþá eru notaðar í flugi og siglingum. Einingin bar, bar (= 100kPa) fyrir þrýsting er gömul metrakerfiseining en er ekki aukaeining og ætti því ekki að notast. Í veðurfræði er loftþrýstingur nú gefinn upp í hektópaskölum hPa (1hPa = 1 mbar)

1.3.5 Stærðir og einingar

Stærð er magn efnis eða fyrirbæri sem hægt er að mæla eða reikna út frá annari stærð. Eining er venjulega aðlagð sértilfelli af stærð sem notuð er sem viðmiðun. Gildi einingar er sett fram sem tölulegt gildi, margfaldað með viðeigandi einingu. Athugið að tölulegt gildi af stærð fer eftir því hvaða eining er valin á meðan stærð og gildi hennar (tölulegt gildi margfaldað með einingu) er óháð því vali. Því er er notkun jafna á milli stærða venjulega valin frekar en jafna með tölugildum.

Dæmi: massi, m , hlutar er

$$\begin{array}{c} \text{stærðargildi} \\ \overbrace{m = 7,3 \text{ kg} = 7300 \text{ g}} \\ \begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \text{stærð} & \text{tölugildi} & \text{eining} \end{array} \end{array}$$

1.3.6 Ritunarreglur

Stærðartákn saman standa af einum eða tveim bókstöfum úr grísku eða latínu. Þeir eru prentaðir í ítalskri (hallandi) leturgerð stundum með háskrift eða annari textamedferð.

Dæmi: m (massi), P (afl), Ma (mach gildi), ω (hornhröðun), Ω (rúmhorn)

Töluleg gildi skal skrifa í uppréttum stöfum (roman). Brotamerki er komma á stafalínunni (,). Þó eru nokkur stór lönd sem nota punkt sem brotamerki. Sé tölugildi stærðar minna en einn skal setja núll fyrir framan kommuna. Til að auðvela lestur langra talnaruna má brjóta þær upp í hóp af þriggja stafa tölum sem taldar eru út frá kommuni til vinstri og hægri. Skilja skal talnahópana af með litlu stafabili og engu öðru. Heiti eininga skal skrifa með litlum staf nema í upphafi setninga.

Dæmi: SI einingin fyrir kraft er njúton.

Eina undantekningin er gráður á Celsíus þar sem Celsíus er alltaf skrifað með stóru C.

Eininganöfn eru ekki skrifuð eins á öllum tungumálum. Einingarnar eru aftur á móti alþjóðlegar og eru skrifaðar eins á öllum tungumálum. Einingarnar og þar með talin forskeytin

eru skrifuð upprétt (roman). Ekki skal nota nein önnur tákn eða einingar önnur en þau sem falla undir SI - kerfið.

Dæmi: Ritið kg, ekki Kg, ekki einu sinni í upphafi setningar. Skrifið m², ekki fm. Skrifið m³, ekki cu · m eða cubm. Skrifið cm³, ekki cc. Skrifið s, ekki sek. Skrifið h, ekki klst eða hrs.

Margföldun eininga er hægt að tákna með punkti í háfri hæð eða hálfu stafabili. Ef ekki er hætt á misskilningi (sem oft er) með þessum skrifmáta má sleppa bilinu.

Dæmi: Njúton metra má skrifa sem N · m, N m eða Nm

Lítið " x " (kross) á ekki að nota sem margföldunarmerki á milli eininga.

Þó eru flatar og rúmstærðir skrifaðar með litlu "x"

Dæmi: 24 mm x 36 mm (filmstærð), 3 x 1,5 mm² sem tákna rafstreng með þrem leiðurum þar sem hver leiðari er með 1,5 mm² þverflatarmáli.

Deiling eininga skal táknuð með lárettu striki, skástriki eða neikvæðu veldi .

Dæmi: Metra á sekúndu má tákna sem $\frac{m}{s}$, m/s, m · s⁻¹

Í útreikningum og flóknum útskýringum er mælt með að nota neikvætt veldi. Ef fleiri en ein eining kemur á eftir skástriki skal nota sviga til að forðast villur og misskilning. Aldrei skal nota nema eitt skástrik.

Dæmi: Skrifið W/(m² · K), $\frac{W}{m^2 \cdot K}$, eða W · m⁻² · K⁻¹ , ekki W/m² · K eða W/m²/K sem í báðum

tilfellum eru aðrar stærðir.

Það skal setja bil á milli tölugildis og einingar.

Dæmi: 230 V, (25 ± 2) mm, 15 °C.

Eina undantekningin frá þessu eru einingar fyrir gráður, mínútur og sekúndur í flatarhornum. Þar skal ekki setja bil á milli tölugildis og einingar sem er höfð í háskift.

Dæmi: 30°, 26', 14"

Hér er listi yfir algengustu stærðir og einingar og tákn þeirra. Þar sem við á eru breytistuðlar gefnir upp. Jafnaðamerkið = er notað þar sem einingin er "nákvæmlega jafn stór og" , gárumerkið ≈ er notað til að skilgreina að hér sé um "svo til" sömu stærð og jafnaðamerki með áskrifuðu "def" ofan á er notuð til að útskýra að stærðin sé skilgreind sem jafn stór.

1.4 Rúm og tími

Flatarhorn; $\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \nu$

Radian, rad; $1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$

$1 \text{ rad} = 1/(2\pi)$ af einni hringferð. Ein hringferð er (2π) . SI einingin radian er nothæf fyrir fræðilega vinnu og fyrir marga útreikninga þó að horfa megi framhjá henni þ.e. skipta henni út fyrir 1.

Einingin gráða, \dots° , er viðbótareining. Notið ekki brotaeiningarnar mínútur,..', og sekúndur,..", heldur notið tugabrots parta úr gráðu.

Dæmi: Skrifid 22,5°, ekki 22°30'.

Einingin gon, gon, er aukaeining. Hún er oft notuð í landfræðimælingum.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ rad} = 57,3^\circ$$

$$1^\circ = (\pi / 180) \text{ rad} = 17,5 \text{ mrad}$$

$$1 \text{ rad} = 63,7 \text{ gon}$$

$$1 \text{ gon} = (\pi / 200) \text{ rad} = 15,7 \text{ mrad}$$

Lengd; l, b, h, d, r, s

Kartesiusar hnit (rúmhnit), x, y, z

metri, m

Margfeldi: km, mm, μm , nm

Á tækniteikningum er málsett í millimetrum.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ in (tomma)} (= 1") = 25,4 \text{ mm}$$

$$1 \text{ ft (fet)} (= 1') = 0,3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ yd (jardi)} = 0,9144 \text{ m}$$

$$1 \text{ míla} = 1,61 \text{ km}$$

$$1 \text{ sjómíla} = 1,852 \text{ km}$$

Flatarmál; A

fermetri, m^2

Margfeldi: km^2 , dm^2 , cm^2 , mm^2 .

Notið aldrei orðið "yfirborð" sem skilgreiningu á flatarmáli. Notið ekki eininguna ekru og afleiddu eininguna hektar nema í landbúnaði.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ ha} = 0,01 \text{ km}^2$$

$$1 \text{ in}^2 = 645 \text{ mm}^2 = 6,45 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ ft}^2 = 0,0929 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ yd}^2 \approx 0,836 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ ekra} \approx 4050 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ fermíla} \approx 2,59 \text{ km}^2$$

Rúmmál; V

rúmmetri, m^3

Margfeldi: km^3 , dm^3 , cm^3 , mm^3

Einingin líter, l, er viðbótæining. Margfeldi af henni; millilítri, ml; og centilítri, cl eru algengar.

Forðist að nota lítra og margfeldi ef honum í tækni- og vísindatexta.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ in}^3 \approx 16,4 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 \approx 28,3 \text{ dm}^3$$

Tími; t

sekúnda, s

Venjulega skrifað sem margfeldi: ks, ms, μ s

Einingarnar; mínútur, min; klukkustundir, h; og dagar, d, eru viðbótareiningar. Ár, a, er ekki aukæining. Athugið að það eru til mismunandi skilgreiningar fyrir ár.

Breytistuðlar.

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ ks}$$

$$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86,4$$

$$1 \text{ a} = 365 \text{ d} \approx 31,5 \text{ Ms}$$

$$1 \text{ a} = 366 \text{ d} \approx 31,6 \text{ Ms}$$

Hornhröðun; ω

radianar á sekúndu, rad/s; $1 \text{ rad/s} = 1 \text{ s}^{-1}$

Breytistuðlar:

$1^\circ/\text{s} \approx 17,5 \text{ mrad/s} = 0,0175 \text{ rad/s} = 0,0175 \text{ s}^{-1}$

Hraði; v .

metrar á sekúndu, m/s

Margfeldi : km/, mm/s

Í farartækjum er venjulega notað kílómetrar á klukkustund, km/h

Breytistuðlar:

$1 \text{ km/h} = (1/3,6) \text{ m/s} \approx 0,278 \text{ m/s}$

$1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ m/s}$

$1 \text{ míla á klst} \approx 0,447 \text{ m/s} \approx 1,61 \text{ km/h}$

$1 \text{ hnútur} = 1,852 \text{ km/h} \approx 0,514 \text{ m/s}$

Hröðun; a

Hröðun í frjálsum falli; g

Mettrar á sekúndu, á sekúndu, m/s^2

Breytistuðlar:

$1 \text{ ft/s}^2 = 0,3048 \text{ m/s}^2$

Lotubundin fyrirbæri

Tíðni; f , ν

Hertz, Hz; $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$

Margfeldi: Ghz, Mhz, kHz

Snúningstíðni, hverfitíðni; n

sekúndur í veldinu -1

Hugtakið snúningar á mínútu, r/min (sn/min) og snúningar á sekúndu, r/s (sn/s); er notað fyrir snúningshraða rafhreyfla og margskonar vélbúnaðar. Athugið að táknið "r" gefur ekki til kynna SI einingu eða afleiddar einingar í því kerfi.

Notið frekar r/s en r/min

Breytistuðlar:

$$1 \text{ r/s} = 1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$$

$$1 \text{ r/min} = (1/60) \text{ Hz} = (1/60) \text{ s}^{-1} = 0,0167 \text{ s}^{-1}$$

Hornhraði; ω

radianar á sekúndu, rad/s

$$1 \text{ rad/s} = 1 \text{ s}^{-1}$$

1.5 Aflfræði

Massi; m

kilógramm, kg

margfeldi: Mg, g, mg, μg

Massi er stærð sem hægt er að mæla með jafnvægisvog.

Ruglið ekki saman þyngd og massa. Þyngd hlutar er er kraftur og er jöfn margfeldi massa hlutarinnis og þyngdarhröðunar sem verkar á hlutinn. ($p = m \cdot g$)

Athugið að kílógram er SI grunneining. Margfeldi eru þó leidd út af SI afleiðunni grammi, g.

Einingin kílógram er orðin til af sögulegum ástæðum með forskeytinu kíló.

Einingin tonn, t, einnig kallað "metrik tonn" er aukaeining.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ t} = 1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ oz (únsa)} = 28,3 \text{ g}$$

$$1 \text{ lb (pund)} = 0,454 \text{ kg}$$

$$1 \text{ breskt tonn (long)} = 1016 \text{ kg}$$

$$1 \text{ bandarískt tonn (short)} = 907 \text{ kg}$$

Eðlismassi; ρ

kilógram á rúmmetra, kg/m^3

Margfeldi: Mg/m^3

Breytistuðlar:

$$1 \text{ Mg}/\text{m}^3 = 1 \text{ kg}/\text{dm}^3 = 1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$1 \text{ lb}/\text{in}^3 \text{ (pund á rúmtommu)} \approx 27\,700 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$1 \text{ lb}/\text{ft}^3 \text{ (pund á rúmfet)} \approx 16 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Kraftur; F

njúton, N

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

Kraftur er stærð sem hægt er að mæla með kraftmæli (td. gormi)

Greinamunur er gerður á massa og krafti. Áður fyrr var einingin kg einnig notað fyrir kraft og hann skilgreindur sem slíkur. Síðar var kraftur skilgreindur sem massi sem jafngildir einu kg þar sem þyngdarhröðun er $g_n \stackrel{\text{def}}{=} 9,806\,65 \text{ m}/\text{s}^2$. Þessi stærð var fyrst nefnd kílógram-kraftur (kgf) eða kílópánd (kp). Athugið að þyngd er kraftur ekki massi. Forðist að skýra kraft sem þyngd einhvers hlutar. Segið, sem dæmi: "krafturinn er 490 N" en ekki "krafturinn er þyngd 50 kg hlutar" Ef þörf er á að skýra kraft sem þyngd þá segið: "krafturinn niður er 490 N"

Breytistuðlar:

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} \approx 9,81 \text{ N}$$

$$1 \text{ lbf} \approx 4,45 \text{ N}$$

Kraftvægi; M

njútonmetri, $\text{N} \cdot \text{m}$

$$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

Ruglið ekki saman kraftvægi, M , og orku, E , sem einnig má tákna sem $\text{N} \cdot \text{m}$

Breytistuðlar:

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 1 \text{ kp} \cdot \text{m} \approx 9,81 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Skriðþungi; p

kílógram metrar á sekúndu, $\text{kg} \cdot \text{m/s}$

Ruglið ekki saman skriðþunga $p \stackrel{\text{def}}{=} m \cdot v$ (massi sinnum hraði) og atlagskrafti

$I \stackrel{\text{def}}{=} F \cdot t$ (kraftur sinnum tími)

Tregðuvægi; J

kílógram metrar í öðru veldi, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

Breytistuðlar:

$$1 \text{ lb} \cdot \text{in}^2 = 2,93 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Orka; E

júl, J

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

Margfeldi: TJ, GJ, MJ, kJ, mJ

Notið júl fyrir allar gerðir orku eins og vinnu, W , A ; hreyfiorku, T ; stöðuorku, V ; varma, Q ; efnaorku, U ; raforku, W ; osfr.

Fyrir framleiðslu og dreifingu á raforku er einingin $W \cdot h$ notuð og margfeldi hennar. Þessar einingar skal ekki nota fyrir annað.

Fyrir matvæli skal tilgreina orkuinnihald sem júl á kg, J/kg.

Hætta skal notkun á gömlu einingunni kaloría.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kal} \approx 4,19 \text{ J} *$$

$$1 \text{ Btu} \approx 1,06 \text{ kJ}$$

* Athugið að það eru til nokkrar mismunandi skilgreiningar á kaloríu.

Afl; P

vatt, W

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$$

margfeldi: TW, GW, MW, kW, mW

Notið aðeins vött og margfeldi þess, þegar gefa skal upp afl

Athugið að tvær mismunandi skilgreiningar fyrir hestöfl voru notaðar áður fyrr; 1 metrahestafl, hk = 75 kp · m/s og hestafl enskumælandi þjóða (imperial horsepower), hp = 550 lbf · ft/s.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ kkal/h} \approx 1,16 \text{ W}$$

$$1 \text{ Btu/h} \approx 0,239 \text{ W}$$

$$1 \text{ hk} \approx 735 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp} \approx 746 \text{ W}$$

Þrýstingur; p

pascal, Pa; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$

Margfeldi: Mpa, kPa, hPa

Ef ekkert annað er tekið fram merkir p altækann þrýsting eða raunþrýsting (absolute) sem einnig er táknaður p_a eða p_{abs} .

Mæliþrýstingur er skilgreindur sem $p_e = (p_{abs} - p_{amb})$ þar sem p_{amb} er umhverfisþrýstingur. Þess vegna getur mæliþrýstingur, p_e , orðið jákvæður (yfirþrýstingur) eða neikvæður (undirþrýstingur) eftir því hvort p_{abs} er stærri eða minni en p_{amb} . Gamla mælieiningin bar er ekki viðbótareining og skal ekki nota hana.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ at} \approx 98,1 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm (staðal loftþrýstingur)} \approx 101 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ Torr} \approx 1 \text{ mmHg} \approx 133 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lbf/in}^2 \approx 6,89 \text{ kPa}$$

Skriðseigja; η

paskalsekúndur, Pa · s

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$$

margfeldi: mPa · s

Breytistuðlar:

$$1 \text{ P (poise)} = 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ cP (sentipoise)} = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$$

Eðlisseigja; ν

metrar í öðru veldi á sekúndu, m²/s

margfeldi: mm²/s.

Breytistuðlar:

$$1 \text{ St (stók)} = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ cSt (sentistók)} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

1.6 Efnisstyrkur

Hverfivægi um flöt; I_a

Hverfivægi um pólaás, I_p

metrar í fjórða veldi, m⁴

Notið ávallt eininguna m⁴. Forðist að nota einingarnar mm⁴ og cm⁴.

$$1 \text{ mm}^4 = 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$1 \text{ cm}^4 = 10 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$1 \text{ in}^4 = 416 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$$

Mótstöðuvægi; W, Z

metri í þriðja veldi, m³

Notið ávallt eininguna m³. Forðist að nota einingarnar mm³ og cm³.

$$1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in}^3 = 16,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Þverspenna; σ

Skúfspenna (skerspenna); τ

Fjaðurstuðull; E

Skúfstuðull (skerstuðull); G

paskal, Pa; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$

Algeng margfeldi eru:

kPa, MPa fyrir spennu og

MPa, GPa fyrir stuðla.

Í tæknilýsingu fyrir málma er einingin N/mm^2 notuð.

$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$

Notið ætíð Pa í útreikningum.

$1 \text{ kp/mm}^2 = 9,81 \text{ MPa}$

$1 \text{ kp/cm}^2 = 98,1 \text{ kPa}$

$1 \text{ lbf/in}^2 = 6,89 \text{ kPa}$

1.7 Varmi

Varmafræðilegt hitastig; T

kelvin, K

margfeldi: mK

Hitastig á Celsíus kvarða, t

gráða á Celsíus, °C; $1 \text{ °C} = 1 \text{ K}$

Celsíus hitastig er skilgreint sem $t \stackrel{\text{def}}{=} T - T_0$, þar sem $T_0 \stackrel{\text{def}}{=} 273,15 \text{ K}$. Gráða á Celsíus er sérstakt nafn fyrir kelvin hitastig notað fyrir skilgreindan núllpunkt í 273,15 K

Fyrir Fahrenheit hitastig t_F með einingarheitið gráða á Fahrenheit $^{\circ}F$

$$t_F/^{\circ}F = 9t/5^{\circ}C + 32 = 9T/5K - 459,67$$

Forðast skal að nota Fahrenheit hitastig og Fahrenheit gráður

$$\text{Breytistuðlar: } 1^{\circ}F = (5/9)^{\circ}C = (5/9)K \approx 0,556K$$

Varmaleiðni; λ

vatt á meter kelvin, $W/m \cdot K$

$$1 W/(m \cdot K) = 1 kg \cdot m/(s^3 \cdot K)$$

Breytistuðlar:

$$1 kcal/(m \cdot h \cdot K) \approx 1,16 W/(m \cdot K)$$

$$1 Btu/(ft \cdot h \cdot ^{\circ}F) \approx 1,73 W/(m \cdot K)$$

Varmaflutningsstuðull; K

Yfirborðsstuðull á varmaflutningi; h

vatt á fermeter kelvin, $W/(m^2 \cdot K) = 1 kg/(s^3 \cdot K)$

Í byggingartækni er fyrstnefnda stærðin og oft kölluð varmaflæði, táknað með U . Þetta ætti ekki að nota utan byggingartækninar.

Breytistuðlar:

$$1 kcal/(m^2 \cdot h \cdot K) \approx 1,16 W/(m^2 \cdot K)$$

$$1 Btu/(ft^2 \cdot h \cdot ^{\circ}F) \approx 5,68 W/(m^2 \cdot K)$$

Varmaeinagrun; M

fermeter kelvin á watt, $m^2 \cdot K/W$; $1 m^2 \cdot K/W = 1 s^3 K/kg$

Í byggingar tækni er þess eining oft kölluð varmaviðnám, táknuð með R . Þetta ætti ekki að nota utan byggingatækninar.

Eðlisvarmi; c

júl á kílógram kelvin, $J/(kg \cdot K)$; $1 J/(kg \cdot K) = 1 m^2/(s^2 \cdot K)$

1.8 Rafmagn og segulsvið

Rafstraumur; I

amper, A

Margfeldi: kA, mA, μ A

Rafhleðsla; Q

kúlomb, C

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$$

fyrir rýmd í rafhlöðum er einingin amperstundir notuð; A · h

Breytistuðull

$$1 \text{ A} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kC}$$

Rafmætti; V

Rafspenna; U

volt, V

$$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{s}^3 \cdot \text{A})$$

margfeldi: kV, mV, μ V

Rýmd; C

farad, F

$$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V} = 1 \text{ s}^4 \cdot \text{A}^2 / (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

margfeldi: μ F, nF, pF

Viðnám; R

ohm, Ω

$$1 \Omega = 1 \text{ V/A} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{s}^3 \cdot \text{A}^2)$$

margfeldi: M Ω , k Ω , m Ω

Span; L

henry, H

$$1 \text{ H} = 1 \text{ V} \cdot \text{s/A} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{s}^2 \cdot \text{A}^2)$$

margfeldi: mH, μ H

Þéttleiki streymis; B

tesla, T

$$1 \text{ T} = \text{V} \cdot \text{m/s}^2 = 1 \text{ kg} \cdot (\text{s}^2 \cdot \text{A})$$

margfeldi: μ T, mT

Raunafl; P

watt, W;

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^3$$

margfeldi: MW, kW, mW

Launafl; Q

volt amper, $\text{V} \cdot \text{A}$

$$1 \text{ VA} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^3$$

margfeldi: MVA, kVA

IEC hefur lagt til nafnið var, var(volt amper reaktíft) fyrir SI margfeldis eininguna VA fyrir launafl, þetta er samt ekki viðurkennt SI einingarheiti

Breytistuðull: 1 var = 1 VA

Sýndarafl; S

volt amper, $\text{V} \cdot \text{A}$

$$1 \text{ VA} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^3$$

margfeldi: MVA, kVA

1.9 Ljós

Ljósstyrkur; I

kandela, cd

Ljósstreymi; Φ

lumen, lm

1 lm = 1 cd/sr

Birta; E

lux, lx

1 lx = 1 lm/m² = 1 cd/(sr · m²)

Lýsingartími; H

lux sekúndur, lx · s

1 lx · s = 1 s · cd/(sr · m²)

breytistuðull: 1 lx · h = 3,6 klx · s

1.10 Hljóðfræði

Hljóðþrýstingsstig; L_p

neper, Np

1 Np = 1

$L_p = \ln(p/p_0)$, þar sem p er hljóðþrýstingurinn og $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$

Neper, Np, er sérstakt nafn fyrir aukaeiningu í SI kerfinu fyrir hljóðþrýsting sem tekin var inn af CIPM.

Afleidda aukaeiningin bel, B, er einnig notuð og þá mest þekkt sem margfeldið decibel, dB.

$L_p = \ln(p/p_0)$ Np = 2 lg(p/p_0) B = 20 lg (p/p_0) dB.

breytistuðlar:

1 B \approx 1,15 Np

1 dB \approx 0,115 Np

Hljóðafli; L_w

neper, Np

$$1 \text{ Np} = 1$$

 $L_w = (1/2) \ln(P/P_0)$, þar sem P er hljóðaflið og $P_0 = 1 \text{ pW}$

Neper, Np, er innig notað fyrir hljóðafli í SI kerfinu skv. reglum CIPM

Afleidda aukaeiningin bel, B, er einnig notuð og þá mest þekkt sem margfeldið decibel, dB.

$$L_w = (\frac{1}{2}) \ln(P/P_0) \text{ Np} = \lg(P/P_0) \text{ B} = 10 \lg(P/P_0) \text{ dB}$$

breytistuðlar:

$$1 \text{ B} \approx 1,15 \text{ Np}$$

$$1 \text{ dB} \approx 0,115 \text{ Np}$$

1.11 Eðlisefnafræði**Magn efnis; n**

mól, mol

Afstæður atómmassi; A_r **Afstæður sameindamassi; M_r**

einn, 1

Afstæður frumeindamassi og sameindamassi er skilgreindur sem hlutfallið á milli meðalmassa frumeindar eða sameindar og 1/12 af massa einnar frumeindar af kolefni C12.

Efnismagn, þéttleiki hlots; C_B (concentration of body)mól á rúmmeter, mol/m³margfeldi: mol/dm³

breytistuðlar:

$$\text{mol/l} = 1000 \text{ mol/m}^3$$

$$\text{mmol/l} = 1 \text{ mol/m}^3$$

Mólstyrkur hlots; b_B, m_B (molality of body)

mól á kílógramm , mol/kg

Efnismagn, brot af hloti; x_B (Amount-of-substance, fraction of body)

einn, 1

Þessi stærð er oft framsett í prósentum, %
Framsetninguna "%(n/n)" skal ekki nota

Breytistuðull:

1% = 0,01

Rúmmálsbrot af hloti; φ_B

einn, 1

Þessi stærð er oft framsett í prósentum, %.
Framsetninguna "%(V/V)" skal ekki nota

Breytistuðull:

1% = 0,01

Massabrot af hloti; W_B

einn, 1

Þessi stærð er oft framsett í prósentum, %.
Framsetninguna "%(m/m)" skal ekki nota

Breytistuðull:

1% = 0,01

1.12 Frumeinda og kjarneðlisfræði

Virgni; A

bekerel, Bq
1 Bq = 1 s⁻¹

Margfeldi: MBq, kBq

Breytistuðull: 1 Ci (curie) = $37 \cdot 10^9$ Bq

Virgni lýsir hrörnunarhraða tiltekings skammts af geislavirkri samsætu. 1 Bq þýðir að ein kjarnabreyting verði að jafnaði á hverri sekúndu í þessum tiltekna efnaskammti.

Í daglegu tali er virgni oft látin tákna efnismagn með svipuðum hætti og massi. 200 Bq af tiltekinni samsætu þýðir þá efnismagn hennar, þar sem að jafnaði verða 200 kjarnabreytingar á hverri sekúndu.

Massa virkni, sérstök virkni; a

bekerel á kílógram, Bq/kg

$$1 \text{ Bq/kg} = 1 \text{ s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Margfeldi: MBQ/kg, kBq/kg

Rúmmálsvirkni, þéttleikavirkni; c_A

bekerel á rúmmetra, Bq/ m³

$$1 \text{ Bq/ m}^3 = 1 \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$$

Margfeldi: kBq/ m³

Jónandi geislun

Geislaskammtur; D

grei, Gy

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Margfeldi: mGy

Breytistuðull:

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

Geislaálag; H (geislaskammtsjafngildi)

sívert, Sv

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Margfeldi: mSv

Breytistuðull:

$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

Geislaálag lýsir líffræðilegum áhrifum jónandi geislunar á líkamann. Það er reiknað með því að margfalda móttækinn geislaskammt, D , með einingarlausum áhrifastuðli, Q .

$$H = Q \cdot D$$

Gildi áhrifastuðulsins, Q , ræðst af því hvers konar geislun er um að ræða. Fyrir röntgen-, gamma-, og betageislun er að jafnaði reiknað með að þessi stuðull sé 1. Þegar geislun er jafndreifð á allan líkamann, lýsir geislaálagið beint þeirri áhættu sem fylgir geisluninni. Annars verður að reikna vegið geislaálag.

Geislaáhrif; X (exposure)

kúlomb á kílógramm, C/kg; $1 \text{ C/kg} = 1 \text{ A} \cdot \text{s/kg}$

Margfeldi: mC/kg

Breytistuðull:

$$1 \text{ R (röntgen)} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$$

$$1 \text{ R} \approx 0,01 \text{ Gy}$$

1.13 Tölulegir eiginleikar

Margfeldiseining fyrir hverskonar magn af stærðinni einn er talan einn, 1. Þegar gildi svona magns er notuð er talan 1 yfirleitt ekki rituð.

Dæmi: Núningsstuðull $\mu = 0,6 \cdot 1 = 0,6$

Forskeyti á ekki að nota til að tákna margfeldi af einingunni 1. Í stað forskeyta skal nota veldi af tíu.

Dæmi: Reynolds tala, $Re = 1,32 \cdot 10^3$

Í sumum tilfellum er % (prósent) notað í stað tölunar 0,01. í sumum löndum er 0/00 (prómill) notað í stað tölunar 0,001. Vegna þess að þessi margfeldi eru af tölunni 1 þá þjónar það engum tilgangi að tala um "prósentu af massa" eða "prósentu af rúmmáli" osfr. Aukaupplýsingar eins og "% (m/m)" eða "% (V/V)" ætti því ekki að nota með einingartákninu.

Dæmi: "Massabrotið er 0,67" eða "massabrotið er 67%"

Endingar eins og ppm, pphm og ppb skal ekki nota.

2. Almennar reglur

2.1 Skjöl

Raftæknileg skjöl eru teikningar, tengimyndir, rásamyndir og töflur, sem eru notaðar innan raftækninnar til að gera grein fyrir verkun, sýna tengingar og viðtengingar ásamt því að vísa til framleiðslu, uppsetningar og viðhalds á rafmagns- og rafeinda búnað, virkjum og tækjum.

Sérhverju skjali er gefið heiti, sem er sett saman af forlið og eftirlið, t.d.

Stöðvar- tengimynd

Raðar- rásamynd

Strengja- tafla

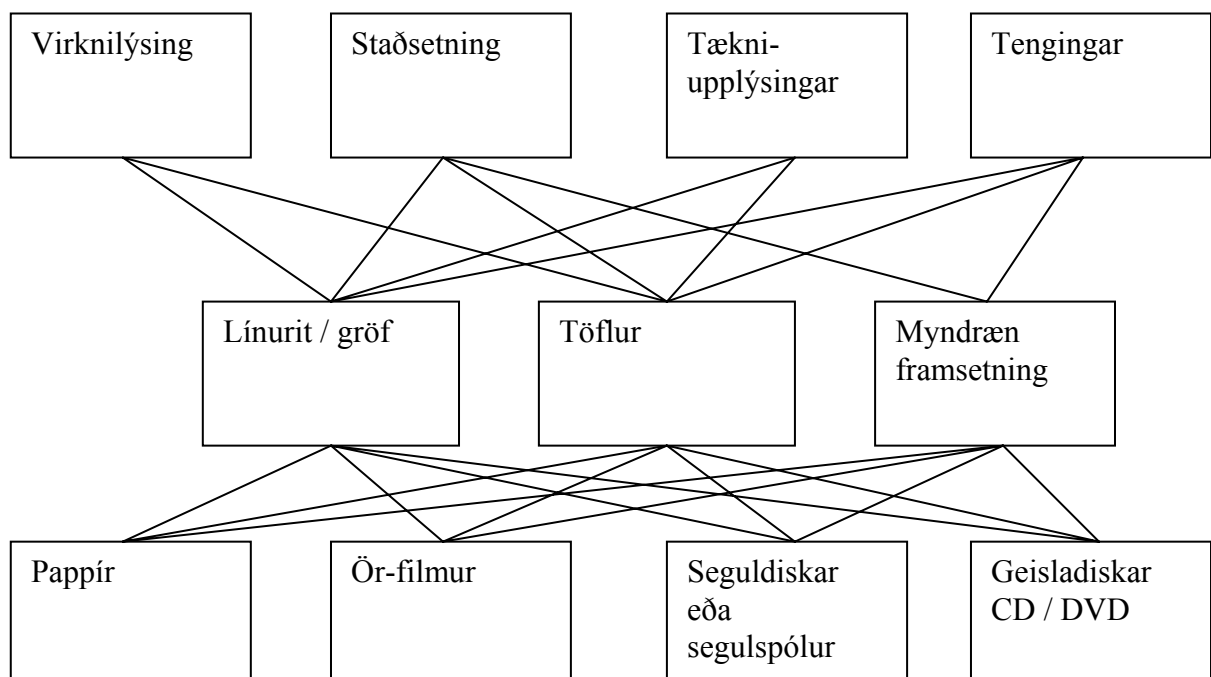
Og svo framvegis

Forliðurinn táknar oftast tilgang skjalsins og eftirliðurinn tegund skjalsins. Með tilliti til heildaryfirlits er gagnlegt að fylgja þessari tegundaskiptingu skjalanna, en fleirri skjöl af sömu tegund eða mismunandi tegundum má setja saman með því að vísa gagnkvæmt á milli þeirra.

Skjölunum er skipt niður eftir innihaldi þeirra í:

1. Starfslýsandi myndir
2. Afstöðu og fyrirkomulagsmyndir
3. Tæknilegar upplýsingar
4. Tengimyndir

Eftirfylgjandi yfirlit sýnir þær tegundir skjala, framsetningarform og geymslumiðil sem notuð eru sbr. IST EN IEC 61082.



2.2 Stærð teikninga

Við gerð raftæknilegra skjala, einkum teikninga, á helst að velja gerðir teikninga í samræmi við IST/ISO 5457, Tækniteikningar, teikningablöð, stærðir teikninga og teikniaðferðir. Það á að reyna að hæðin á blaðinu fari ekki yfir A4 stærðina, þ.e., ekki yfir 297 mm. Breiddin á að vera A4 stærð (210 mm) eða heilt margfelldi af því. Með tilliti til þæginda við meðferð á heildarlengd blaðsins ekki að fara yfir 5-sinnum A4-breidd, þ.e. 1051 mm.

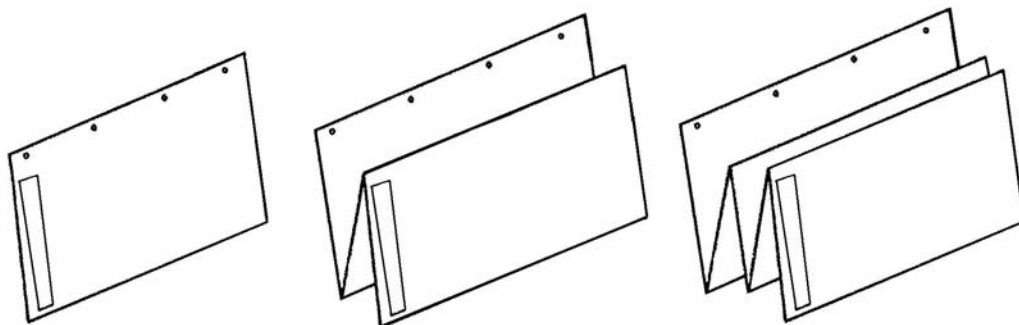
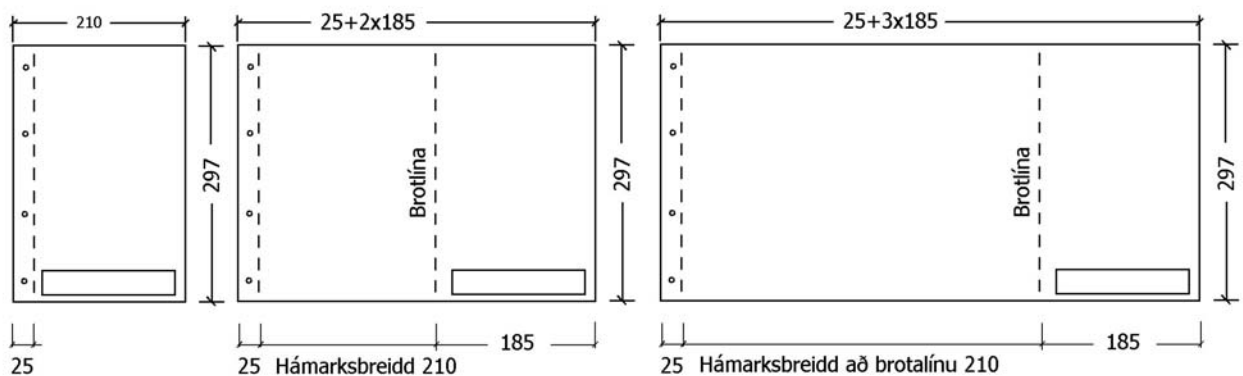
Blaðið á alltaf að vera með nauðsynlegum merkistrikum til að brjóta blaðið eftir og gata, og þegar teiknað er verður að gæta þess, að línur, sem tákna straumrásir lendi ekki inni brotinu. Ekki skal brjóta frumskjölin, þar sem pappírinn getur hæglega rifnað í brotinu, og þar með kæmu ótilætluð strik við ljósritun. Ljósrit stærri en A4 skulu brjótast þannig, að þau megi setja inn í skjalamöppu, þannig að titillinn snúi rétt.

Mynd 11 sýnir brotreglur samkvæmt (ÍS)DS 103, þannig að það myndast 25 mm breið heftirönd vinstra megin.

Að öðru leyti er ráðlagt að velja mörg og lítil skjöl, fremur en fá og stór, og er þá gert ráð fyrir, að notaðar séu skýrar tilvísanir og skjalatölusetningar.

Þannig fæst

- sparnaður við ljósritun
- auðveldari meðferð og geymsla
- betri aðlögun að tölvuteikningu
- betri aðlögun að örljósmyndun

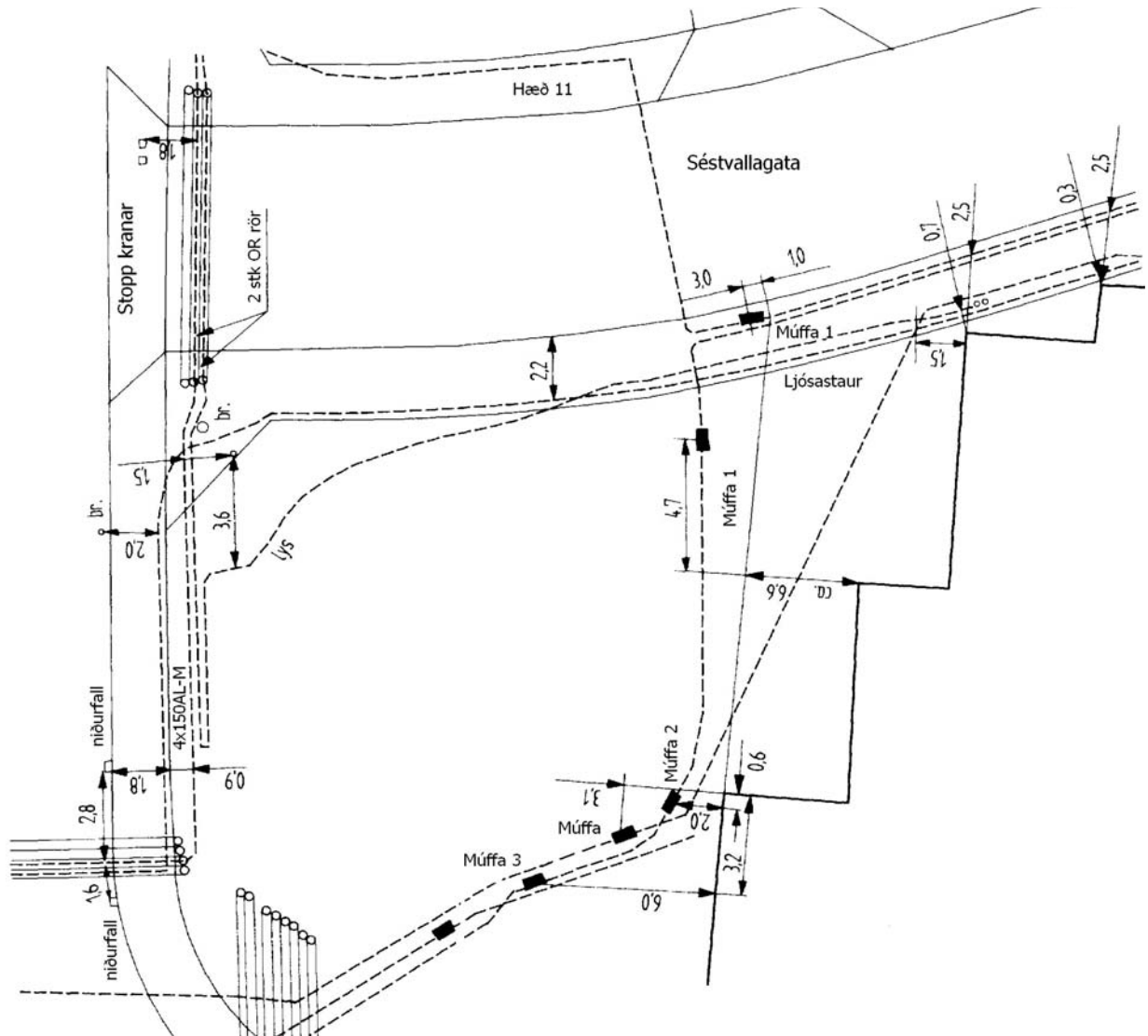


Mynd 2.1

Sýnir hvernig á að brjóta skjöl samkvæmt staðli

2.3 Teikniaðferðir

Gerður er greinarmunur á landfræðilegum og teikniaðferðum, sem ekki eru það. Við landfræðilega teikniaðferð er sýnd innbyrðis staða tákna á skjalinu, sem svarar til landfræðilegrar afstöðu þeirra virkja og eininga, sem táknin standa fyrir. Þessar teikniaðferðir eru einkennandi fyrir, til dæmis, strengleiðateikningar, sjá mynd 2.2.



Mynd 2.2

Dæmi um strengleiðateikningu, sem gerð er með landfræðilegri teikniaðferð

Í næstum því öllum öðrum tilfellum eru notaðar teikniaðferðir, sem ekki eru landfræðilegar, þar sem, að meira eða minna leyti, er sleppt að taka tillit til landfræðilegs staðar virkis, með það í huga að öðlast:

- betra yfirlit
- betri skilning
- betri nýtingu á skjalfletinum

Nota má einnar línu eða fjöllínu teikniaðferð. Á einnar línu teikningu er einn eða fleiri leiðarar táknaðir með einni línu(striki), eða að fleiri en einn virkishluti er sýndur með einu tákni.

Til dæmis getur ein samstæða tákna sýnt:

- fjölfasa kerfi
- margar rásir með sömu virkni
- marga leiðara í sömu leið, strengjabakka osfrv.
- Marga leiðara með táknum, sem væru teiknuð samhliða og afar nærri hvert öðru

Með fjöllínu teikniaðferð er sérhver leiðari táknaður með sínu striki og sérhver virkishluti táknaður með sínu tákni. Teikniaðferðin gefur tæmandi lýsingu á virkinu.

Það veltur á því, hve flókið virkið er, hvor teikniaðferðin er notuð. Einnar línu teikning er mest notuð í yfirlitsmyndum og aðal straumrásamyndum. Þar sem einnar línu teikniaðferðin getur falið í sér hættu á að misskilja tákni, verður að nota hana með varúð.

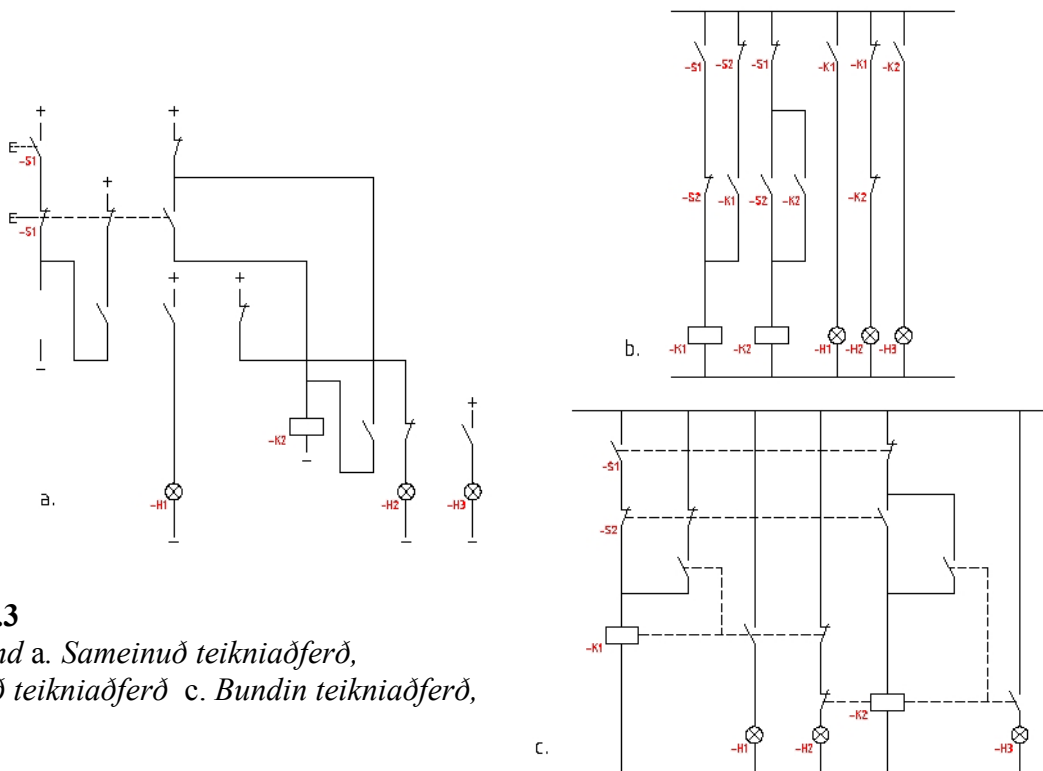
Við teikningar á rásamyndum er auk þess gerður greinarmunur á mismunandi teikniaðferðum við setningu tákna:

Við *sameinaða teikniaðferð* eru tákni þeirra tækjahluta, sem eiga heima á sama stað, teiknuð saman og komið þannig fyrir, að skyldleikinn sést strax á myndinni.

Við *bundna teikniaðferð* geta raftæknitákni teiknast aðskilin, en tákni yfir vélrænar tengingar milli þeirra hluta, sem tengjast vélrænt saman, eru teiknuð þannig, að góð yfirsýn fæst.

Við *dreifða teikniaðferð* eru öll tákni yfir efni og tækjahluta teiknuð dreift til að fá sem best yfirlit yfir straumleiðir. Samtengingin milli tækjahlutanna er sýnd með áritun.

Mynd 2.3 sýnir rásamyndir fyrir lampamerkjajæiningu útfærðar á þrjá mismunandi vegu



Mynd 2.3

Rásamynd a. Sameinuð teikniaðferð,
b. Dreifð teikniaðferð c. Bundin teikniaðferð,

2.4 Tilvísanir (kóðar)

Til þess að geta örugglega þekkt og staðfært einingar, samsetningu eininga, tækja og virkja, er notað tilvísunarkerfi, sem er rækilega skilgreint í ÍST EN 61346 “*Iðnaðarkerfi, uppsetningar og búnaður og iðnaðarafurðir - Grundvallarreglur um skipulagningu og tilvísunarmerkingar*”

Allt eftir því hvers konar upplýsingum og hve miklum er þörf á, getur tilvísunin verið samsett úr einu eða fleiri eftirfarandi fjögurra sæta:

- Sæti 1: vísar til hærri starfsstöðu viðfangsefnisins,
- Sæti 2 vísar til staðar viðfangsefnisins
- Sæti 3 vísar til tegundar og númers (eða aðeins númers) viðfangsefnisins,
- Sæti 4 vísar til tenginga viðfangsefnisins

Til þess að gefa upplýsingar um tegund blokkarinnar, sem notuð er og til að aðgreina mismunandi blokkir, sem innihalda bókstafa og tölustafablöndur, hverja frá annarri, er sett sætistákn fyrir framan hvert sæti:

Notast fyrir framan			Dæmi
Sæti	Sæti	Tilvísun	
Tákn	tegund		
=	1	Hærra sett starfsstaða	=T2
+	2	Staðartilvísun	+D126
-	3	Tegund viðfangsefnis og númer	-K5
:	4	Tengingartilvísun	:13

Ath! Nánari útfærslu er að finna í ÍST EN 61346 og DIN 6779 seríunum

Þegar notað er sætistákn, getur maður sameinað blokkir á hæfilegan hátt. Ef tekið er dæmi um heildartilvísun tengingar, sem er hluti af stærri búnaði, myndi það krefjast tilvísunar, sem samsett væri úr öllum 4 blokkum, en *í flestum tilfellum er nægilegt að nota tilvísun með einu eða tveimur sætum*.

Ef nauðsynlegt er að nota önnur sætistákn en sýnd eru að framan, verður að útskýra það í viðbótartexta. Í sumum tilfellum má sleppa sætistáknunum, ef það kemur fram, á annan hátt, af hvaða tegund tilvísunin er. Þegar notaðar eru fleiri en eitt sæti, er ráðlagt að nota röðina 1,2,3,4, sem sýnd er óháð því hvaða blokkir eru notaðar, sem sagt:

$$= \boxed{\text{Blokk 1}} + \boxed{\text{Blokk 2}} - \boxed{\text{Blokk 3}} : \boxed{\text{Blokk 4}}$$

hærra svið
staðsetning
A B C
tegunnd númer virkni
tengiklemma/
tengivír

Notaðir eru latneskir hástafir og/eða arabískir tölustafir í sætið

Sama sætistegund getur komið fyrir oftast en einu sinni í tilvísun, og getur, ef það misskilst ekki, verið með sama blokkartákn, t.d., -Q4M1 Hreyfill númer 1 í rofa 4.

Tilvísun er notuð til að finna aftur ákveðið viðfangsefni, sem er í hinum ýmsu skjölum, sem lýsa ákveðnu virki, og hugsanlega til að merkja viðfangsefnið innan virkisins.

Viðfangsefnið ber þannig alls staðar sömu tilvísunina, bæði í skjölunum og í sjálfu virkinu.

2.4.1 Tilvísunarsæti 1

Sætistáknið er samasemmerki (=). Sætið getur vísað til verkunar- eða staðartengsla, en getur ekki notast í sama skipti sem hvorutveggja. Það er enginn staðlaður stafakóði fyrir hópana. Aðeins eru hentugustu stafirnir valdir:

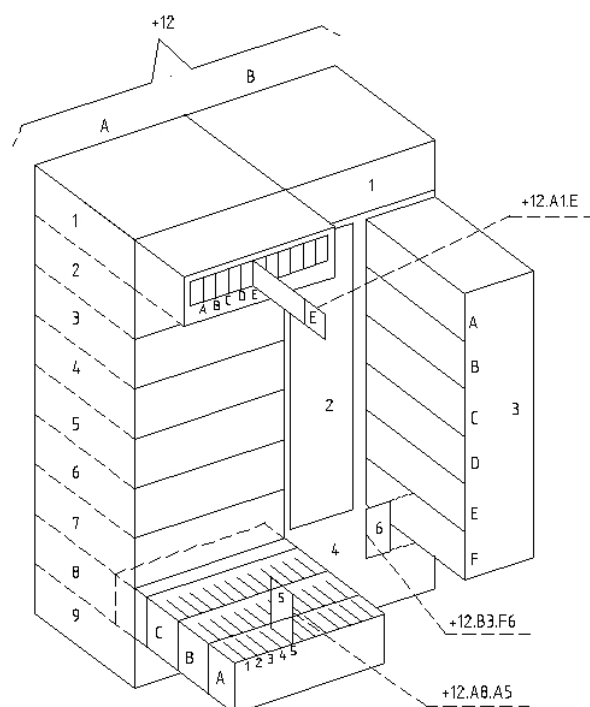
Dæmi:

- =N1 Neyðarfæðing - gefur til kynna, að viðfangsefnið, sem getur t.d., verið tafla, er hluti af neyðarveitu
- =D2 Gufuhverfilssvirki - gefur til kynna hærra sett viðfangsefni
- =R5 Herbergi númer 5 - vísar til staðar virkis eða einingar í herbergi 5
- =S5=P2 Dælubúnaður 2, sem er verkunarlega undir virkishluta 5. Skrifast einnig sem =S5P2.

2.4.2 Tilvísunarsæti 2

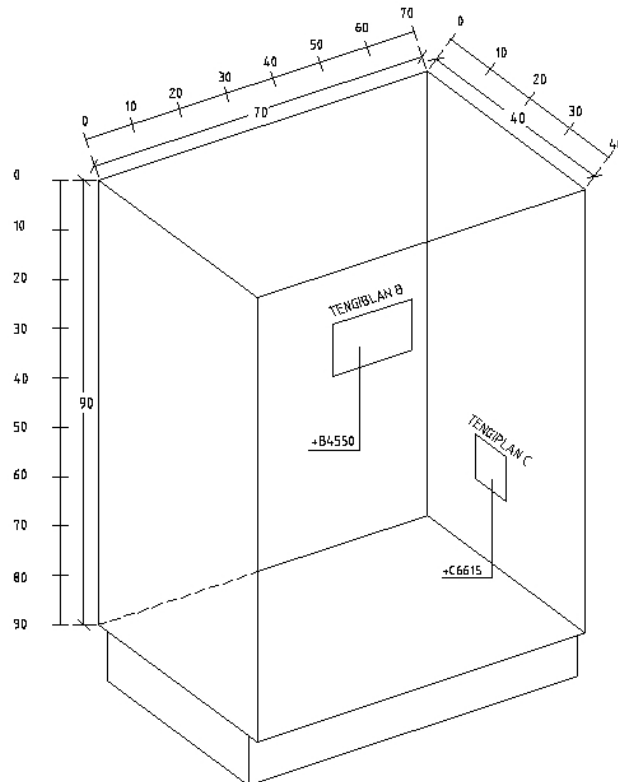
Sætistáknið er plúsmerki (+). Sætið er notað til að vísa til staðar viðfangsefnisins í rúmi, og til að gera kleyft að gefa viðfangsefnunum stað í stórum og smáum einingum. Tilvísanir fyrir sæti 2 úthlutast hvort sem er samkvæmt raðar- eða hnitaaðferðum.

Við raðaraðferðir eru notaðar kóðatilvísanir fyrir rúmlægu einingarnar, sem mynda virkið, í líki herbergja, skúffna, hillna, prentkorta o.s.frv., þar sem hverri einingu er gefinn bókstafskóði og ef til vill númer. Það eru engir staðlaðir kóðar, en mælt er með að nota tvo bókstafi, sem minnisstuðning, t.d. ÁR fyrir álagsrofa. Hinum einstöku 2.sætis tilvísunum er raðað þannig, að sú umfangsmesta er sett fyrst, t.d. bygging, herbergi, tafla, hluti.



Mynd 2.4
*Tilvísun samkvæmt
Raðaaðferðinni*

Við hnitaaðferð fær sérhver hæð í virkinu (skápur, tafla o.s.frv.) hornrétt hnitakerfi, og þvínæst er sérhverju viðfangsefni markaður staður með bókstafinum, sem vísar til viðkomandi hæðar. Síðan kemur hnitatilvísunin fyrir þann punkt viðfangsefnisins, sem liggur næst upphafspunkti hnitakerfisins, þar sem tveir fyrri stafirnir sýna lóðrétt og tveir síðari sýna lárétt hnit, sjá mynd 2.5.



Mynd 2.5

*Tilvísun samkvæmt
Hnitaaðferðinni*

Aðferðinni, sem hér er lýst til að ákveða stað viðfangsefnis, má ekki rugla saman við þá lýsingu á stað tákna, sem gefin er upp í kaflahluta 2.6.4, þar sem myndinni er deilt niður í reiti með dálkum (0,1,2,...) og röðum (A,B,C,...).

2.4.3 Tilvísunarsæti 3

Sætistáknið er mínusmerki (-). Sætið ákvarðar tegund viðfangsefnisins. Tvær aðferðir eru til að ákveða tilvísun:

- Hreinn talnakóði
- Bókstafa/talnakóði

Þegar hreinn talnakóði er notaður, er hverjum hluta gefið hlaupandi númer, og tengingin er sýnd í lista á eða við myndina. Maður getur með hagkvæmni deilt niður í númerahópa, t.d:

Hópur fyrir liða: 01, 02, 03,.....
Hópur fyrir viðnám 11, 12, 13,.....

Dæmi:

-14 Viðnám nr.4
Aðferðin á best við í litlum virkjum

Með bókstafa/talnakóðanum fær sérhvert viðfangsefni á myndinni bókstaf úr eftirfylgjandi töflu yfir bókstafakóða fyrir tegundir viðfangsefna, þar sem á eftir kemur númer, sem greinir viðfangsefnið frá öðrum viðfangsefnum, sem hafa sama kóðabókstaf.

Tafla yfir bókstafakóða fyrir tegundir viðfangsefna

<i>Kóða-</i>	<i>Tegund</i>	<i>Dæmi</i>	<i>Samtengingar og</i>
<i>bókstafur viðfangsefnis</i>			
<i>A</i>	Heildir, undirheildir	Rafmagnstafla, hilla, sjálfvirkur stjörnuþríhyrningsrásir, magnari með samsettu einingum, sendir, viðtæki, leisir, prentaðar rásir	Handvirkur stjörnuþríhyrningsrásir: Q Aðgerðarmagnari: N Tölva: D
<i>B</i>	Umbreytar frá órafrænni í raf-ræna stærð eða öfugt (breytar og skynjarar)	Mælibreytar og sérstakir skynjarar, hitaraf-skynjarar, hitatvinn, ljósnemi, spennumælir, kristalbreytir, hljóðnemi, þreifari, hátalari, samfasari, Hall-rafali, nándarskynjari, ljósleiðarasendir	Merkjagjafar: H Merkjabreytir (raf/raf): U Stýri- og endarofar: S
<i>C</i>	Þéttar		
<i>D</i>	Tvítölueiningar	Tegraðar stafrænar ásamt stafrænum-hliðrænum rásum og búnaði, seinkunarlína, seinkunareining, tvístöðug eining, einstöðug eining, minniseining, ráð, segulband, geymsuldiskar, tölva.	Hliðrænar-stafrænar rásir og búnaður: N
<i>E</i>	Ýmislegt	Umbreytar frá raforku í varma, kulda og ljós: búnaður, sem ekki tilheyrir neinum öðrum kóðabókstaf.	Merkjalampi: H
<i>F</i>	Verndarbúnaður	Var, yfirspennuvári, eldingavári, hitaverndarliði, Bucholtzliði, bilunarstraumliði (FI- og HFI-rofi).	
<i>G</i>	Rafalar, straumgjafar	Hreyfilrafalar, rafhlaða, sólarrafali.	Hall-rafali: B
<i>H</i>	Merkjagjafar	Merkjalampi, klukka, sírena, og aðrar tegundir af ljósa- eða hljóðmerkjagjöfum, skjár.	
<i>I</i>	(Ónotað)		Má ekki nota sem kóðabókstaf, þar sem það getur m.a. ruglast saman við 1 (einn).
<i>J</i>	(Ónotað)		

<i>Kóða- bókstafur</i>	<i>Tegund viðfangsefnis</i>	<i>Dæmi</i>	<i>Samtengingar og athugasemdir</i>
<i>K</i>	Liðar, segulrofar	Rafvélrænn liði, rafeindur liði, segulrofar notaðir sem hjálparliðar í stýrirásum.	Vélrænt og handstýrðir segulrofar notaðir í stýrirásum: S Mælaliði: P
<i>L</i>	Spanspólur, Spanöld		Liðaspóla: K Rafsegull: Y
<i>M</i>	Hreyflar	Snúðhreyfill, þrepahreyfill, línuhreyfill	
<i>N</i>	Hliðrænar einingar	Aðgerðamagnari, Hliðrænn-stafrænn búnaður	Magnari með dreifðum einingum: A Stafrænar-hliðrænar rásir og búnaður: D
<i>O</i>	Ónotað		Getur ruglast við 0
<i>P</i>	Mælitæki, Prófunarbúnaður	Vísandi, skráandi og tegrandi tæki, sveiflusjár, merkjagjafar, rafúr, mælaliðar	Merkjabreytir: B Teiknari og prentari: Y
<i>Q</i>	Aðalrofar, og –víxlarar	Aflrofar, hreyfilvernd, skilrofi, álagsskilrofi, jarðtengirofi, rofi fyrir ljósa- og orkuvirki, handstýrður stjörnu-þríhyrnings-rofi, segulrofi í aðalstraumrás.	Var: F Rofar í stýrirásum: S Segulrofi í stýrirás: K Sjálfvirkur stjörnu-þríhyrnings ræsir: A
<i>R</i>	Viðnám	Fast og breytilegt viðnám, snúðviðnám, rennivíðnám, affall, NTC- og PTC-viðnám	Hitöld og –búnaður: E
<i>S</i>	Rofar og víxlarar í stýrirásum	Þrýstirofi, markrofi, hitaliði, veljari, snúðsnerta, takkaskífuvíxlari	Liði og segulrofi: K
<i>T</i>	Spennar	Aflspennir, mælispennir, höggspennir.	
<i>U</i>	Umbreytar, mótatarar	Afriðill, áriðill, merkjabreytir, tíðniafmótari, tíðnibreytir, afmótari, ritsímaferjald, símaumbreytir, ljóstengi.	Straumfæðing: G
<i>V</i>	Háalfleiðarar,	Díóða, transistor, þýristor, klýstróna, hleypibylgjumagnararör, segulsviðsrör.	
<i>W</i>	Leiðarar, strengir, loftnet	Safnteinn, áttarveljari, tvípólsloftnet, parabóluloftnet, ljósleiðari, flutningsleiðari, bylgjuleiðari.	
<i>X</i>	Tengi, stungur, sökklar	Klemma, klemmuröð, tækjaklemma, prófunargegtak, spaðatengi, lóðtengi, fjöltengi, pinnatengi, samásatengi, ljósleiðaratengi, tengiþynna, streng-múffa og endabúnaður.	Ljósleiðarasendir: B
<i>Y</i>	Rafknúin vélræn Tæki	Hemlar, tengi, segulloki, hreyfilloki, ræsisegull, ýmsir ræsar, prentari, teiknari.	
<i>Z</i>	Endabúnaður, blandaðir Umbreytar, siur, útjafnarar, takmarkarar	Strengleiddrétttinganet, þanþjappi, kristalsía, rafræn sía, net	

Í ÍST IEC 60617-1 *Tákn fyrir rafmagnsteikningar. Yfirlit og aðalefnisyfirlit* er í aðal-efnisyfirlitinu sýndir kóðabókstafir yfir um 950 af þeim 1500 heildarviðfangsefnum, sem eru skráð í táknasafninu.

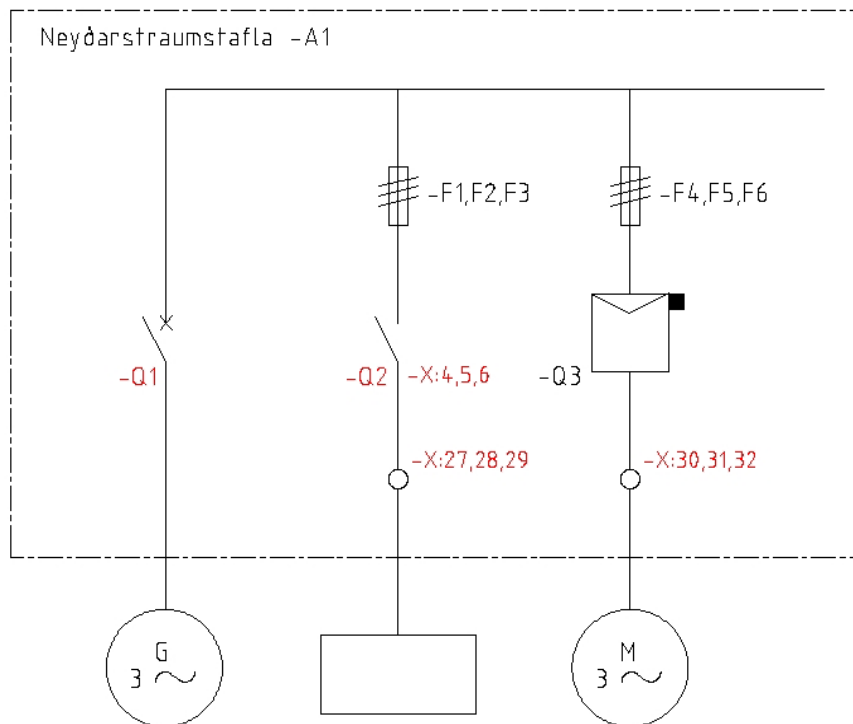
Hverju viðfangsefni verður þannig úthlutað tilvísun, eins og sýnt er í eftirfarandi dæmum:

- K1 Segulrofi nr. 1
- D4 Stafrænn-hliðrænn breytir nr.4
- Y9 Segulloki nr.9

Með punktum er gerlegt að deila númerinu niður í þeim tilfellum, þar sem æskilegt er að greina milli sams konar hluta af viðfangsefni, sem eru sýndir á mismunandi stöðum á teikningu, t.d. rofar (snertur) liða:

- K2.1
- K2.2 Þrjár mismunandi rofaeiningar í liða -K2
- K2.3

Aðferðin með bókstafa/talnakóðum hentar fyrir flókin virki og er heppileg við samsett viðfangsefni (undirsöfn), þar sem viðfangsefni, sem tilheyra undirsöfnum geta komið fram á mismunandi stöðum á teikningunni. Mynd 2.6 sýnir eitt dæmi:



Mynd 2.6
Dæmi um kennsl á tegund viðfangsefnis með bókstafa/talnakóða

2.4.4 Tilvísunarsæti 4

Sætistáknið er tvípunktur (:). Sætið einkennir úttök viðfangsefnisins. Úttakstilvísunin á venjulega að svara til raunverulegrar merkingar á hlut, þ.e., að notaðir eru stórir bókstafir eða tölustafir, en í undantekningum litlir.

Úttaksvísanir við flesta rofa og liða eru samkvæmt ÍST EN 50005, 50011, 50012 og 50013. Mikilvægustu reglurnar eru taldar hér á eftir.

Spóluúttök

Bæði fyrir segulrofa og liði eru spóluúttök merkt með A1 og A2. Ef segulrofi er með tvær spólu, eina tengispólu og haldspólu, er haldspólan merkt B1 og B2, sjá mynd 2.7.



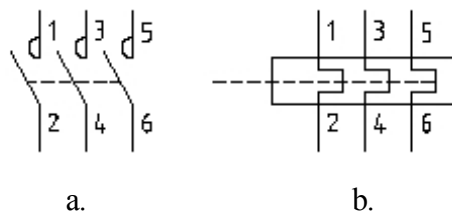
Mynd 2.7

Merking spóluúttaka

A = tengispóla, **B** = haldspóla

Snertur í aðalstraunrásum

Merking snertna í aðalstraumrásum gerist með einstafs tölu, sjá mynd 2.8



Mynd 2.8

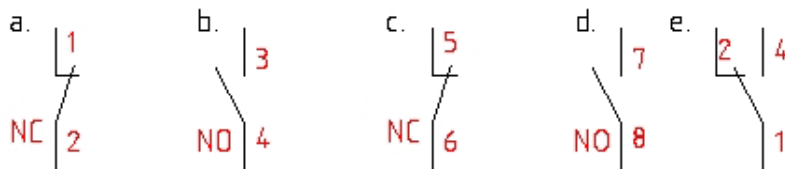
Merking snertna í aðalstraumrásum

a. Snerturofi með 3 aðalsnertum

b. Hitalosald með 3 tvímmálmseiningum

Hjálparsnertur

Merking hjálparsnertna gerist með tveimur tölustöfum, þar sem fyrri talan sýnir stað snertunnar eða hvar í röðinni snertan er. Seinni tölustafurinn sýnir hlutverk snertunnar. Með hlutverksmerkingu fæst klemmumerking og úttaksvísanir eins og sýnt er á myndum 2.9 og 2.10.



Mynd 2.9

Merking hjálparsnertna með

Hlutverkatölum **a.** Rofsnertur bera tölurnar

1 og 2 **b.** Lokunarsnertur bera tölurnar

3 og 4 **c.** Sérstakar rofsnertur (fljót eða seint rof)

bera tölurnar 5 og 6 **d.** Sérstakar lokunarsnertur

(fljót eða sein lokun) bera tölurnar 7 og 8

e. Víxlunarsnertur bera tölurnar 1,2 og 4

Sæti 4 getur, eins og hin sætin, annað hvort verið eitt sér eða staðið með öðrum sætum. Við samsetningu (venjulega með sæti 2 eða 3) á að merkja úttakstilvísunina með eigin sætis-tákni.

Dæmi:

-X4:27

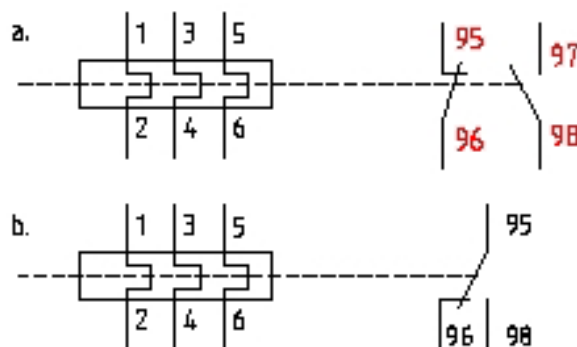
Úttak nr. 27 í klemmuröð -X4

-K5:A2

Úttak nr. 27 í liða -K5

=P2-Q3:15

Úttak nr. 15 í hreyfilvernd -Q3 í dæluvirki =P2



Mynd 2.10

Merking hjálparsnertna í tvímálmseiningum **a.**

Sein rof-og sein lokunarsnerta **b.** Víxlunarsnerta

með seinu rofi

Í þeim tilfellum sem úttakstilvísunin stendur ein við úttakstáknið, má sleppa sætistákninu, ef greinilegt er, að tilvísanirnar eru í samræmi við merkingar úttakanna, eins og t.d. er sýnt á mynd 2.9.

2.4.5 Samsetningar tilvísunarsæta

Hér á eftir er komið með nokkur dæmi um mikilvægar samsetningar tilvísunarsæta, sem hver um sig fullnægir æskilegum nákvæmniskröfum.

Sæti 1 og 3

Ákveða tegund viðfangsefnis og hlutverk
=S1-T2 Spennir 2 í virkisluta =S1
=R3-Q3 Rofi 3 í herbergi =R3

Sæti 2 og 3

Ákveða tegund viðfangsefnis og stað.
+S5-T2 Spennir 2 í stöð +S5
+B3042-Q3 Rofi Q3 í uppsetningarteikningu B í röð 30 og súlu 42

Sæti 2 og 4

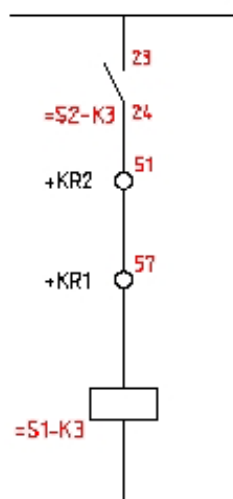
Ákveða úttak og hvar það er.
+KR3:27 Úttak nr. 27 í klemmuröð +KR3
+B3042:A1 Úttak A1 í tæki á stað B3042 (sjá á undan)

Sæti 1,2 og 3

Eru notuð við stór flókin virki, þar sem sæti 1 og 3 vísa beint til viðkomandi virkisluta, um leið og sæti 2 gefur viðbótar upplýsingar um stað.
=S3+T12-A4S1 Víxlari S1 í magnara A4 sem er settur í töflu +T12, sem er virkisluti í sendisvirki =S3

Sæti 1,2,3 og 4

Geta veitt upplýsingar, í lykilmyndum yfir flókin virki, hvort sem er um að ræða tegund, hlutverk eða tengitilvísun fyrir íhlut.
Ef maður óskar að merkja klemmu nr. 57 í sniðinu, sem sýnt er í mynd 1.11, beint, fæst =S1+KR1-K3:57 Úttak nr. 57 í klemmuröð +KR1, sem er hluti af segulrofa -K3, sem tilheyrir virkisluta =S1



Mynd 2.11
Snið úr lykilmynd

2.5 Teiknireglur

Við teiknun skjala (sérstaklega línumynda) á að reyna að mynda skýra teikningu, sem er besta aðstoð til að öðlast læsilega línumynd og til að geta skilið fljótt hlutverk rása.

Mjög nákvæm lýsing af teiknireglum og því að nota teiknitákn almennt er í ÍST EN IEC 60617-2

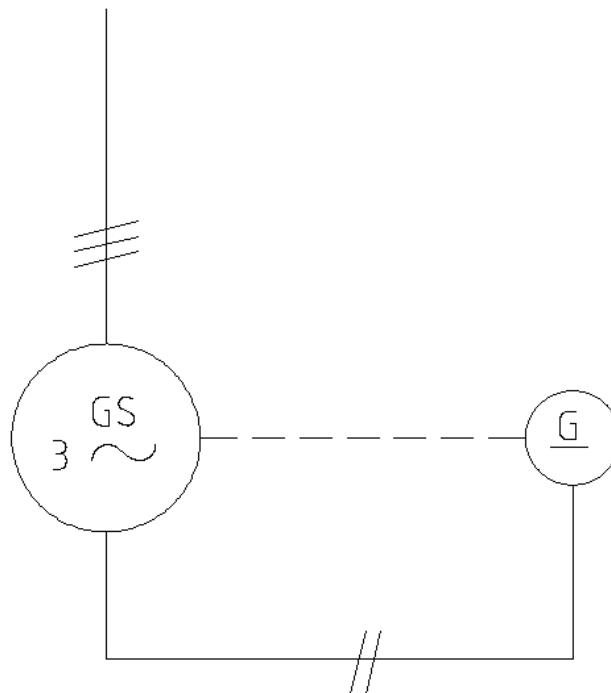
Línumyndir, skýringarmyndir og, að hluta, teikningar munu í meginatriðum vera settar saman úr teiknitáknum, tengilínunum og afmörkunarlínunum (útlínunum), sem saman mynda skjalið.

Tengilínur geta sýnt leiðaratengingar (t.d. í rásamyndum) eða hreint táknræna samsvörun (t.d. í rökrásum). Afmörkunarlínur (slitnar línur) hafa það hlutverk að umlykja tilheyrandi viðfangsefni (t.d. afriðil) til að skapa sem mestan skýrleika.

Tengilínur eiga að vera beinar og skerast og beygjast sem minnst, og þær eiga helst að vera samhliða útlínunum blaðsins. Rásir á helst að teikna þannig, að orkustefna, merkjaflutningur eða verkunarröð stefni frá vinstri til hægri eða niður. Ef frávik þurfa að vera, skulu þau koma greinilega fram á teikningunni, svo sem með örvum.

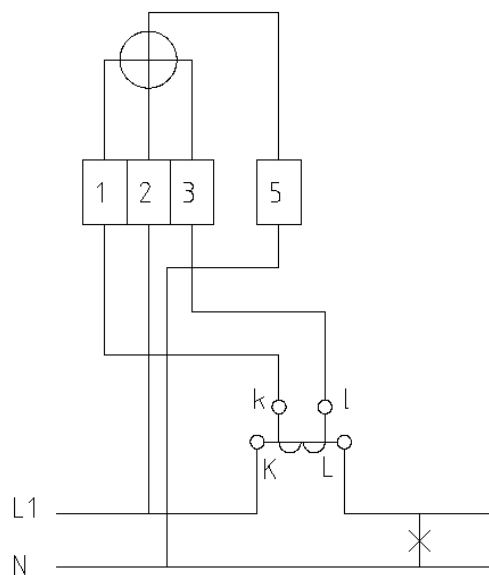
2.5.1 Stærð tákna og gildleiki strika (Táknstærð og strikgildleiki)

Grunnreglan er sú, að merking tákns er eingöngu ákvörðuð af lögun þess. Stærð og gildleiki hafa venjulega ekki neina sérstaka þýðingu. Í sumum tilfellum getur verið æskilegt, að nota stærðarmun tákna til að leggja áherslu á sérstakar aðstæður, svo sem stærðarmun milli þrífasa samfasarafala og segulmögnunarrafala hans, eða til að rýma fyrir viðbótaráritun, sjá mynd 2.12. Mismun á strikgildleikum má nota til að leggja áherslu á, eða gera greinarmun á mismunandi rásum, t.d. orkurás og stýrirás hennar, sjá mynd 2.13.



Mynd 2.12

Dæmi um notkun mismunandi stærð tákna



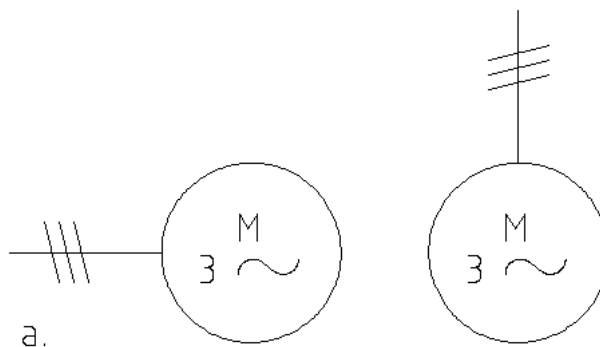
Mynd 2.13

Dæmi um notkun mismunandi strikagildleika

Teiknitákn úr ÍST/IEC 60617-röðinni eru teiknuð inn í grunnmátnet með mátið $M = 2,5$ mm milli tveggja samliggjandi lína (lýst í ÍST/IEC 60617-2). Ráðlagt er að hafa minnsta hlaupið $2M = 5$ mm í táknstærð. Einnig er ráðlagt að hafa minnst 5 mm milli tengilína, með tilliti til áritana.

2.5.2 Tengiklemmur og tengingar (úttök og leiðaratengingar)

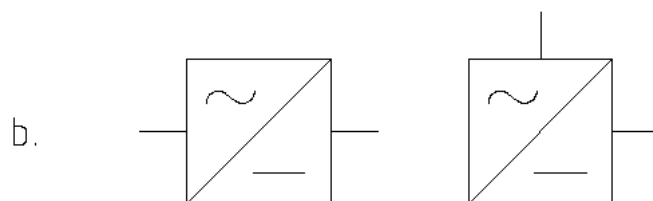
Táknið yfir tengiklemmu er ekki venjulega notað í sambandi við tákn, þó að þau sýni viðfangsefni með efnislegum leiðaratengingum, sjá t.d. mynd 2.8. Aðeins þegar tengiklemman kemur fyrir sem sjálfstætt viðfangsefni, t.d. í klemmubretti, er táknið í ÍST EN 60617 notað.



a.

Mynd 2.14

Leiðaratengingar við tæki má setja að vild

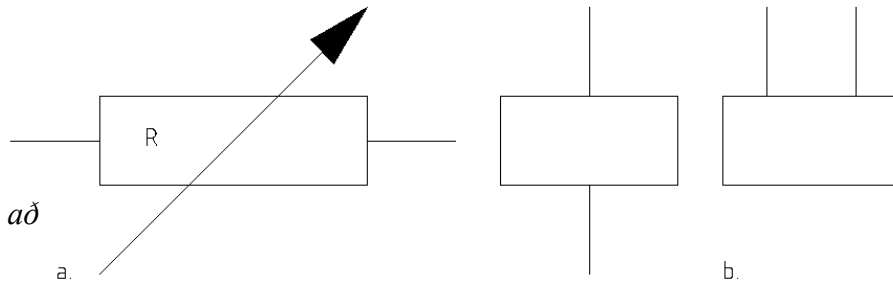


b.

Mynd 2.15

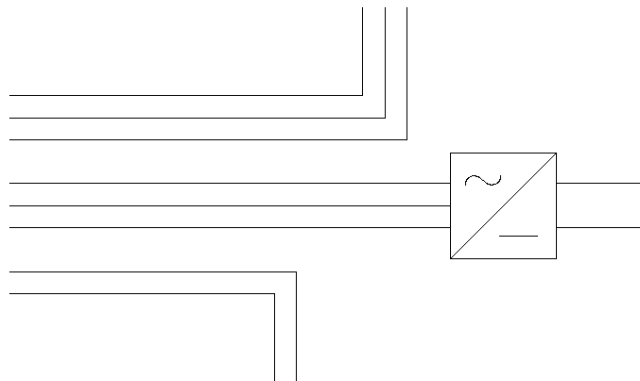
Sumar leiðaratengingar á að setja á ákveðinn hátt

a. Viðnám b. Liðaspóla



2.5.3 Tengilínur

Tengilínur, sem tákna leiðara, eru auðkenndar með áritun, t.d. TV, 60 kV o.s.frv. Á fjöllínuteikningum með mörgum samhliða strikum er hentugt, með tilliti til betra yfirlits, að deila þeim í hlutverkahópa (t.d. strengi) með tvöföldu millibili. Ef ekki er um að ræða hlutverkadeilingu er hentugt að teikna 3 strik saman, sjá mynd 2.16.

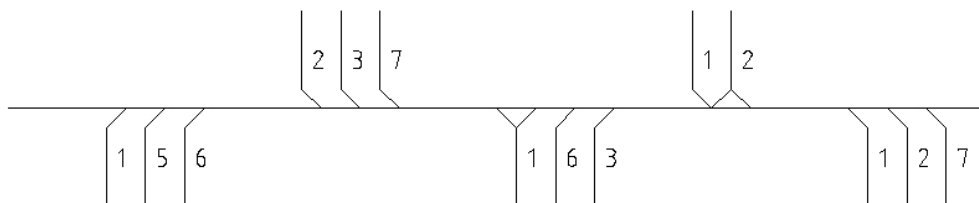


Mynd 2.16

Deiling samhliða strika eftir hlutverkum

Við einlínuteikniáferð er fleiri en einni leiðslu eða leiðara safnað í eitt tengistrik. Mynd 2.17 sýnir, hvernig þetta getur gerst á mismunandi vegu.

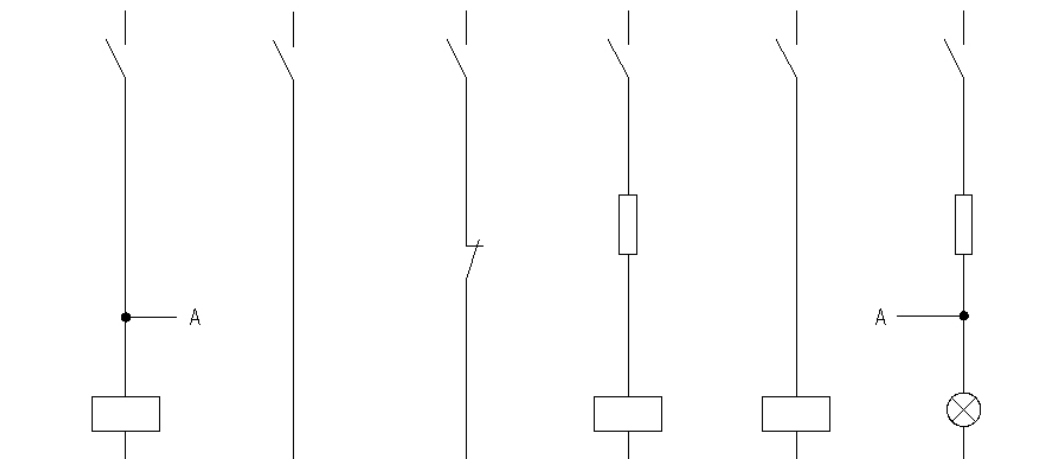
Ef nauðsynlegt er að fara yfir mörg tengistrik, má slíta strikið í sundur og bæta við viðeigandi tilvísunum, sjá mynd 2.18.



Mynd 2.17

Dæmi um safn af mörgum tengilínum í einu tengistriki





Mynd 2.18

Dæmi um að sleppa hluta af tengistriki

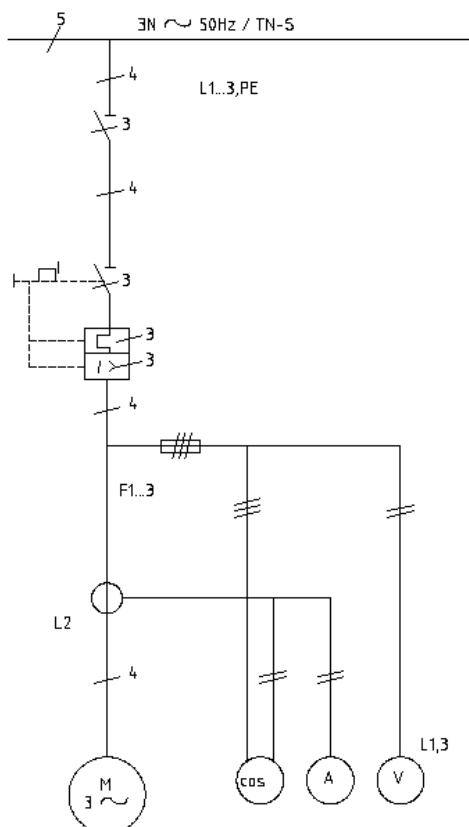
2.5.4 Notkun tákna á einlínunmyndum

Eins og minnst er á í kafla 2.3 krefst notkun á einlínunmyndum sérstakrar vandvirkni til að koma í veg fyrir mistúlkun. Það verður að skýra með viðeigandi áritunum um fjölda leiðara, íhluta o.s.frv., fyrir hvað táknin standa. Mynd 2.19 sýnir dæmi um þetta.

2.5.5 Fyrirkomulag (tilhögun) og aðskilnaður tákna

Flestum tákna má snúa eða spegla, ef með þarf, t.d. til að forðast brot eða þverun strika. Eftirfylgjandi reglur verður þó að virða:

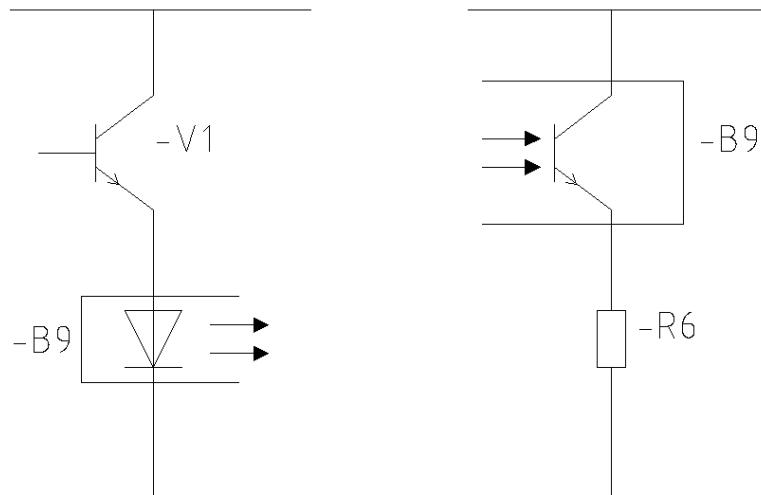
- tákn fyrir hjálparliða og segulrofa verða að snúa eins
- þegar notuð er dreifð teikniáðferð, skulu allar snertur teiknast þannig, að þær snúist réttisælis við spennusetningu,
- tákneiningu, sem sýnir einkenni tækis, má ekki snúa,
- myndgerð línurits og þess háttar á að sýna í venjulegri stöðu.



Mynd 2.19

Dæmi um merkingar á tengistrikum og táknum með fjölda leiðara og íhluta

Táknin eru almennt byggð upp úr táknaeiningum, svo úr verði samsett tákn fyrir ákveðið tæki, sjá kafla 2.6.1. Í þessu sambandi er venja varðandi nokkur tákn, að nota kassatákn utanum hlutatáknin til að sýna, að þau séu í sömu umlykju. Þetta á, t.d. við um tákn nr. 05-06-08 (ljóstengir). Slíku tákni má, af hagkvæmnisástæðum, skipta , þar sem einstökum hlutum er komið fyrir í eigin straumrás, sjá mynd 2.20.



Mynd 2.20
Dæmi um skiptingu tákns fyrir ljóstengjara

2.5.6 Íðorðafraeði (heiti)

Bent skal á, að áritanir við íhluti, tæki, leiðara, með fleiru, skulu vera hárréttar, þ.e., að hinar notuðu tilvísanir eiga að fylgja íðorðafraeðinni, sem gildir fyrir viðkomandi sérsvið. Þetta á einkum við ef skjölin eiga að notast á öðru málsvæði, og áritanirnar eru þess vegna á erlendu tungumáli.

Orðanefnd Rafmagnsverkfraeðingadeildar Verkfraeðingafélags Íslands (ORVFÍ) hefur í yfir 60 ár unnið við að þýða orðalista Alþjóða Raftækninefndarinnar (IEC) á Íslensku, og hefur gefið út 13 orðasöfn. Stöðug vinna er í gangi hjá IEC og hjá ORVFÍ.

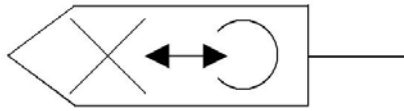
2.6 Notkun teiknitákna

2.6.1 Uppbygging tákna

Teiknitákn er teiknað tákn, mynd, merki, tölustafur og bókstafur, sem vísar til viðfangsefnis eða hugtaks í skjali.

Með tákni veitir maður upplýsingar á teiknuðu formi með lágmarks fyrirhöfn.

Í flestum tilfellum er tákn sett saman úr *táknaeiningum*. Táknaeining er einföld mynd með ákveðinni merkingu, og sem, ásamt öðrum táknaeiningum, myndar heilt tákn. Til dæmis, er nr. 09-09-19 tákn fyrir einrása segul-skriftar-, lestrar- og útpurrkunarhöfuð, sjá mynd 2.21.



Táknið er sett saman úr táknaeiningum, sem eru ferjaldshaus (09-09-09) með viðbótartáknunum af segulmagns-gerð (09-08-01), upptaka og spilun (09-08-09) og útþurrkun (09-08-10).

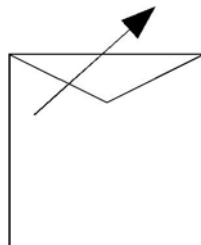
Gerður er greinarmunur á eftirfylgjandi tegundum táknaeininga:

Grunntákn. Ferningur, ferhyrningur, hringur eða þess háttar, sem táknar hóp af íhlutum, t.d. snúðvélar, mælitæki o.s.frv.

Almennt tákn. “Heildartákn”, sem er sameiginlegt fyrir skyld tákn, t.d. þéttir, loftnet o.s.frv. Með því að bæta einu eða fleirum viðbótartáknum myndast afleidd tákn.

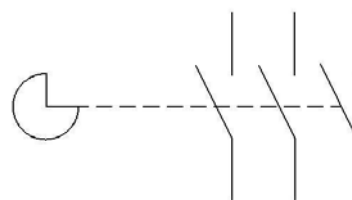
Viðbótartákn. Tákn, sem veitir viðbótar upplýsingar, þegar því er bætt við grunntákn eða almennt tákn.

Reitatókn. Einfalt teiknitákn, sem táknar safn viðfangsefna, t.d. umbreyti. Reitatóknið er venjulegasett saman úr grunntákni og viðbótartákni og á aðeins að sýna hlutverk, en ekki tilheyrandi íhluti. Mynd 2.22 sýnir reitatókn fyrir hreyfilræsi með hraðastillingu.



Áritun. Skrifaðar viðbótar upplýsingar, sem eru notaðar, þegar þekktu táknin veita ekki nægar upplýsingar.

Af því, sem sagt er hér á undan, kemur fram, að miklir möguleikar eru á að setja saman ný tákn, sem uppfylla gefnar reglur um tákn, þó að þau finnist ekki í táknaafninu. Sem dæmi sýnir mynd 2.23 samsett tákn fyrir snerturöð, sem stjórnast af kambskífu.

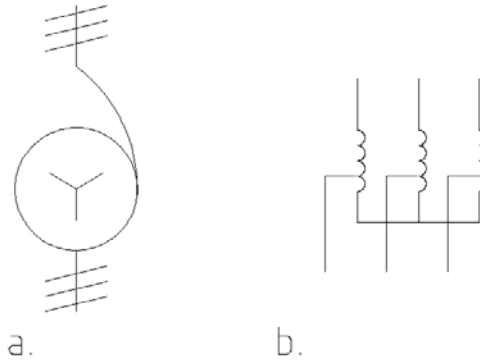


Mynd 2.23

Dæmi um tákn, sem er sett saman úr grunntákni og nokkrum almennum táknum.

2.62 Táknagerðir

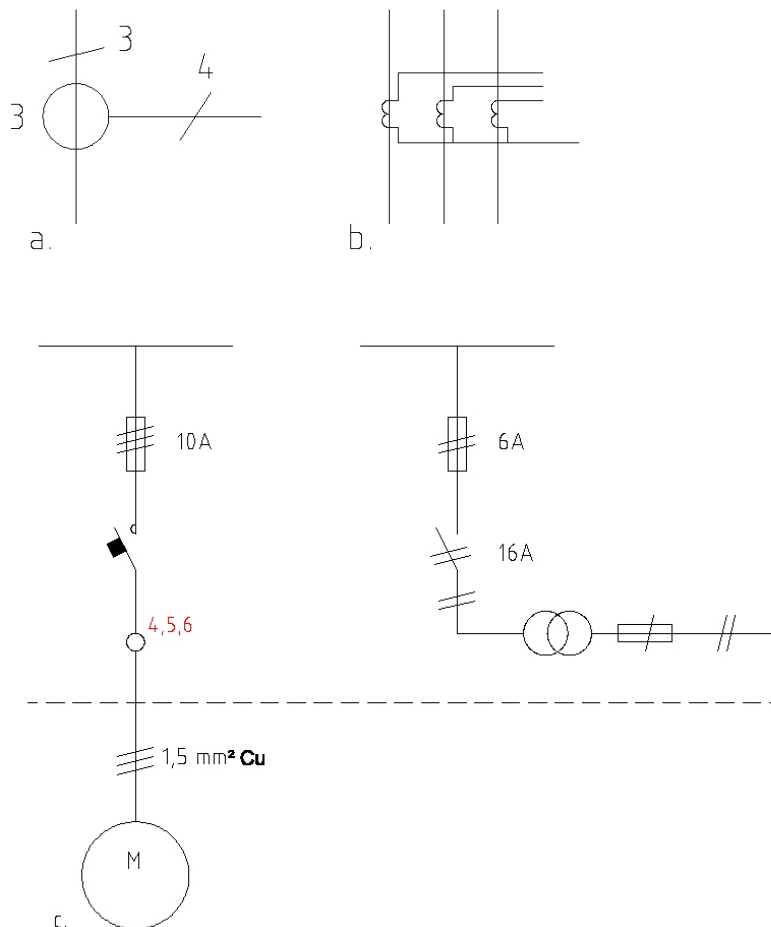
Sum teiknitáknanna eru í mismunandi útgáfum fyrir sama íhlut. Hvaða útgáfa er valin er komið undir tegund viðkomandi skjals og kröfunni til skilnings, sjá mynd 2.24.



Mynd 2.24

Tvær útgáfur af tákni fyrir þrífasa stjörnutengdan einvafsspenni **a.** Fyrir einlínuteiknimynd **b.** fyrir fjöllínuteikniaðferð.

Við einlínuteikniaðferð á að gefa upp fjölda þeirra tækja, sem táknið stendur fyrir, þar sem nauðsynlegt er. Gildir það bæði á rásateikningu og uppsetningarteikningu. Dæmi um það er sýnt á mynd 2.25.



Mynd 2.25

Dæmi um hvernig leiðara- og tækjafjöldi er sýndur

- a. Þrjár leiðarar með straumspennum, fjórir eftirvafsleiðarar
- b. Sama sýnt sem fjöllínuteikn c. Snið úr dreifivirki

2.6.3 Grunnstaða tákna

Samkvæmt ÍST/IEC 60617-2 á venjulega að teikna öll tákni við spennulaust ástand eða óvirkt ástand íhlutarins, þ.e. í “hvíldarstöðu”. Liðasnertur á að teikna í þeirri stöðu, sem svarar til þess, að liðaspólan er spennulaus. Fyrir vélrænt tengdar snertur og skylt á að teikna tákni á samræmdri stöðu eða ástandi. Ef ekki er greinilegt hver grunnstaðan er, skal merkja hið valda ástand með áritun.

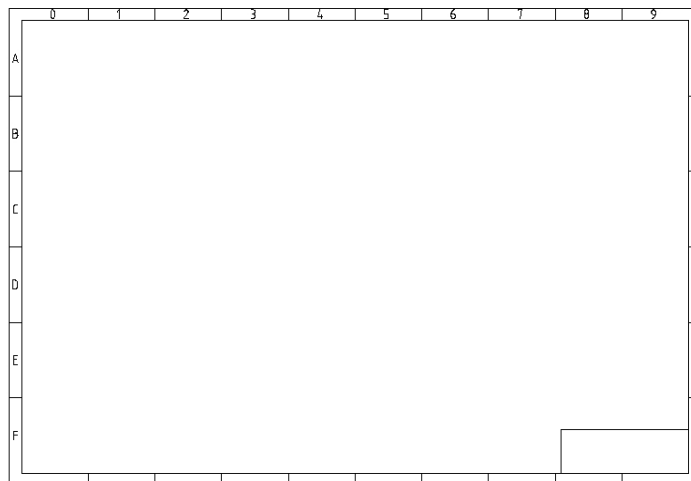
2.6.4 Staðarval tákna

Staðarval tákna á skjali, og hvernig má finna þau, fer eftir því hvaða teikniáferð er notuð. Við dreifða teikniáferð eru aðallega notaðar tilvísanir úr ÍST EN 61346 (sjá kafla 2.4), en til viðbótar getur staðarvalið gerst á eftirfarandi hátt:

- með því að tölusetja straumleiðir
- með því að nota hnitatilvísanir

Tölusetning straumleiða er venjulegasta leiðin og er sérstaklega notuð í rásamyndum. Kerfinu er nánar lýst í kafla 3.5.2.

Hnitasetning á teikningu er gerð með því að deila henni í lóðrétta dálka, sem fá tölur, og/eða láréttar línur, sem fá bókstafi (hástafi), sjá mynd 2.26.



Mynd 2.26

Staðarval tákna með hnitum

Stundum getur maður notað einungis dálka (með því móti fæst kerfi, sem er hliðstætt tölusetningu straumleiða), eða aðeins raðir. Áferðin, sem valin er, á að vera sú sama fyrir hvert verkefni Staðarvalið ákveðst þannig:

- 5 dálkur 5 á þessu skjali
- C röð C á þessu skjali
- 5C reitur 5C á þessu skjali

Reitamerkingar má setja í sviga, ef hætta er á ruglingi við tilvísanir.

2.6.5 Val tákna

Til eru fleiri en 1500 staðaltákn til nota fyrir raftæknilegar teikningar, og sem lýst er í ÍST/IEC 60617 Raftæknitákn. Þar sem aðgreining sú, sem áður var notuð, milli raforku- og rafeindatákna, er nú úrelt, er skipting tákna gerð út frá notkun þeirra, innan mismunandi sviða raftækninnar, t.d. fyrir *óvirka íhluti og mælitæki, lampa og merkjabúnað*. Mismunandi hlutar staðalsins munu þó oft bæta hvern annan upp. Einnig er forsendum tákna nánar lýst í hluta 2.

Yfirlit yfir ÍST/IEC 60617 staðalinn:

1. Yfirlit og efnisyfirlit
2. Almennar reglur og almennar táknaeiningar, viðbótartákn og önnur tákn, fyrir almenna notkun
3. Leiðarar og tengibúnaður
4. Óvirkir íhlutir
5. Hálfleiðarar og rafeindarör
6. Vinnsla og umbreyting raforku
7. Rofbúnaður, stýribúnaður og verndarbúnaður
8. Mælitæki, lampar og merkjabúnaður
9. Fjarskipti 1, skipting og jaðarbúnaður
10. Fjarskipti 2, Flutningur
Viðbætur: Ljósleiðarar
11. Byggingatæknilegar og landfræðilegar teikningar og rit
12. Tvíundarrökrásir
13. Hliðrænar einingar

Sérhvert tákn er einkennt með númeri, sem er sett saman úr 6 tölustöfum, deilt í 3 hópa með striki á milli.

Dæmi: ÍST/IEC 04-03-08 merkir hluta 04, kafla 03 og hlaupandi númer 08 (tákn fyrir breytiviðnám). Venjulega er ÍST/IEC sleppt, og verður númerið þá 04-03-08. Þessi ritháttur er notaður í þessari handbók. Síðar verður bætt við völdum táknum, sem mest eru notuð. Það skal tekið fram, aðstöðugt er verið að bæta við táknaafnið, og að hægt er að mynda ný tákn, samkvæmt reglum í hluta 2, út frá táknaeiningum, sjá 2.6.1.

Í hluta 1 í staðlinum *Yfirlit og almennt efnisyfirlit* er skrá yfir meira en 1500 tákn.

3. Rásamyndir

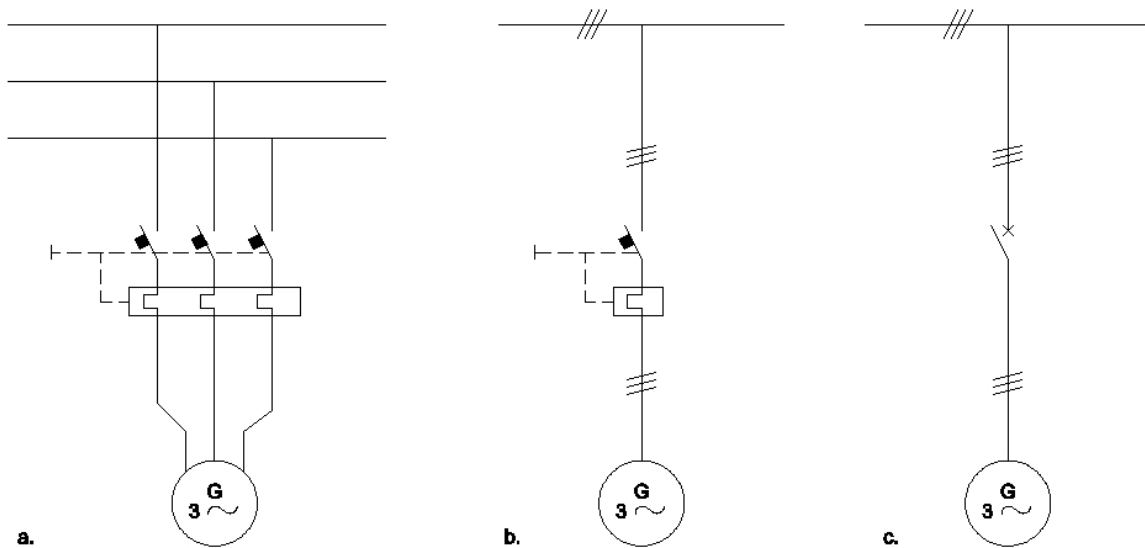
Eins og kemur fram í hluta 1.1 er rásamynd skjal, sem lýsir í smáatriðum tengingum rafmagnsvirkis. Rásamynd er því það skjal, sem kemur oftast fyrir við skráningu rafmagnsvirkis.

Rásamyndum má, til hægðarauka, deila upp í aðalrásamyndir (rafala, hreyfla og tæki) og myndir fyrir stýringar. Skráningaraðferðirnar eru mjög mismunandi fyrir þessar tvær gerðir. Í þessum kafla er fjallað um mismunandi dæmigerðar aðalstraumrásir, aðalstraummyndir yfir dreifikerfi og lykilmýndir yfir stýrikerfi. Einnarlínu- eða fjöllínurmyndir eru notaðar eftir aðstæðum.

3.1 Rafalar og hreyflar í rásamyndum

Reynt skal að teikna safnaskinnuna lárétt að ofan með fæðingu frá vinstri og með hreyfla og önnur neyslutæki fyrir neðan, þannig að orkuflæðið verði að ofan og niður.

Mynd 3.1 sýnir orkuflæðið fyrir tæki, sem er fær orku frá þriggja fasa rafala. Rafalinn getur tengst inn á safnaskinnuna með aflrofa, sem getur verið handstýrður. Rof getur einnig gerst við hita eða rafsegullosun. Myndin sýnir þrjár mismunandi nákvæmar útfærslur yfir sama virkið. Í hinni einfölduðu einnar línu tengimynd er táknið 07-13-05 notað yfir aflrofa.

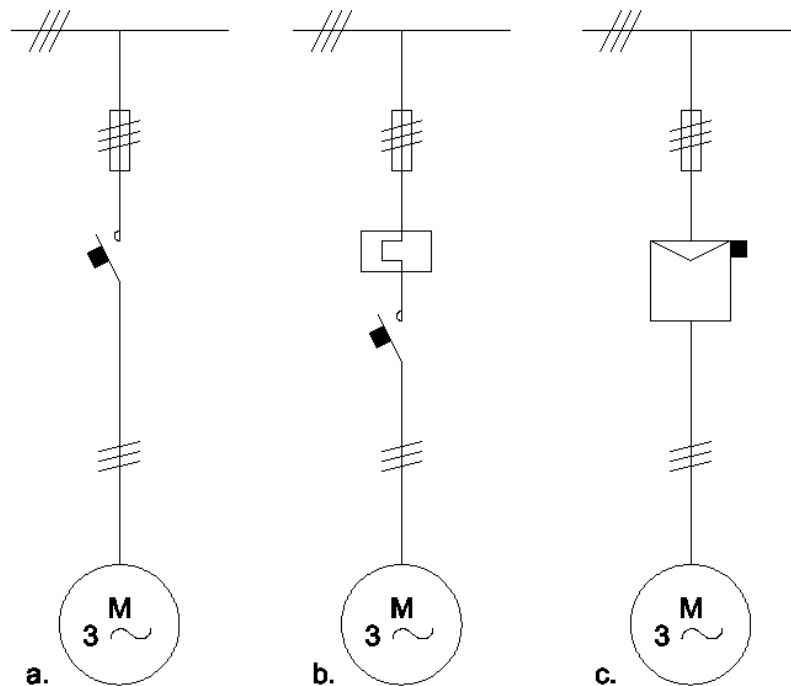


Mynd 3.1

Tengimynd af tengingu við skinnukerfi.

a. Fjöllínurmynd, b. einlínurmynd með varnarbúnaði, c. einföld einlínurmynd

Mynd 3.2 sýnir mismunandi ræsibúnað hreyfla með einnar línu tengimynd.



Mynd 3.2

Dæmi um ræsiáðferðir fyrir ósamfasa rafhreyfil (asynkron)

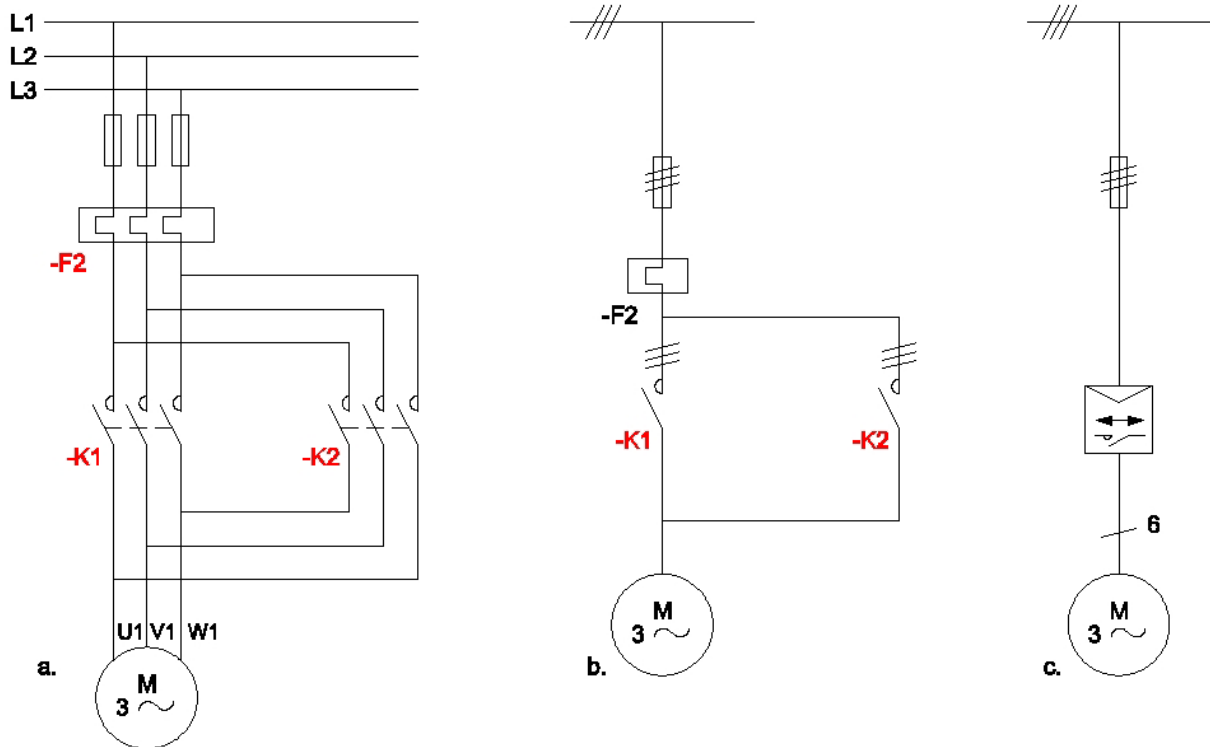
- a. Beinræsing með hreyfilvari b. Beinræsing með hreyfilvari og yfirhitavörn
 c. Sérstakur ræsibúnaður með sjálfvirkri útleysingu

3.2 Staðlaðar hreyflatengingar

Fyrir ræsingar og tengingar í sambandi við þriggja fasa ósamfasa hreyfla hafa verið útbúnaðar nokkrar staðlaðar tengingar til að fá beggja átta ræsing, stjörnu-þríhyrnings ræsing, pólvendingu og viðnámsræsing.

Ræsing í báðar áttir og stöðvun

Mynd 3.3 sýnir, hvernig er gerlegt að breyta snúningsáttinni fyrir ósamfasa hreyfil með tveimur snertum. Við fjöllínuteikniáðferð er gerlegt að fylgja aðallínutengingunum á myndinni. Þessi áðferð er nauðsynleg, þegar um er að ræða smáatriði í teikningum. Á yfirlitsmyndum er oft nóg að nota einlínumynd. Hér kemur þar einnig greinilega fram, hvernig hinir einstöku íhlutir, svo sem vör, snertur og hitavernd, eru sett í aðalstraumrásina.



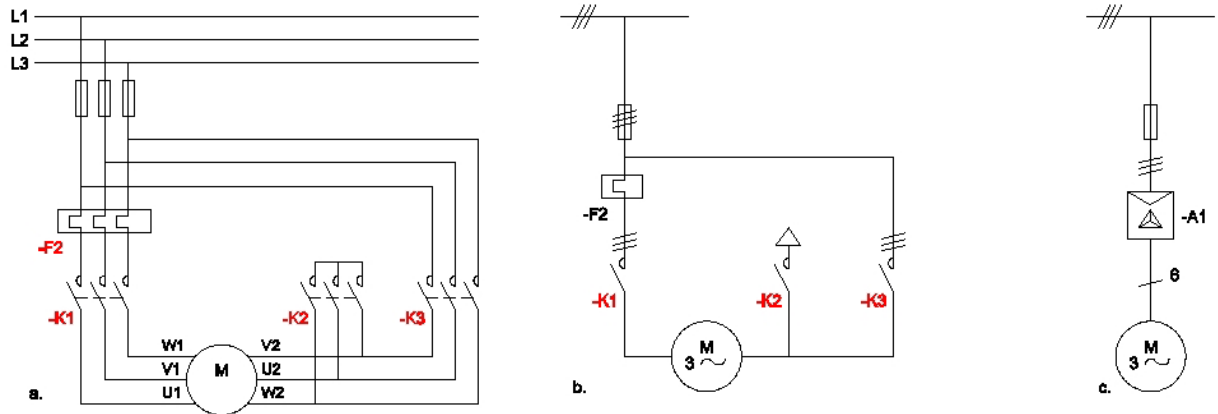
Mynd 3.3

Beggja átta rekstur á ósamfasa hreyfli **a.** Fjöllínunmynd **b.** Einlínunmynd með skipan íhluta **c.** Einlínunmynd með sætistáknum

Til yfirlits er gerlegt að nota einfaldaða einlínunmynd með sætistákni 07-14-05: Ræsir með snertum fyrir beina ræsingu og breytingu snúningsáttar. Til þess að tryggja rökrétta stýringu á snertunum verður að sjá til þess, að aðeins ein snerta lokist í einu.

Stjörnu-þríhyrnings ræsing

Mynd 3.4 er rásamynd af stjörnu-þríhyrnings ræsi fyrir þrífasa ósamfasa hreyfil með mismunandi nákvæmni í smáatriðum. Þegar snertlarnir -K1 og -K2 eru lokaðir, er hreyfillinn stjörnutengdur, og þegar -K1 og -K3 eru lokaðir er hreyfillinn þríhyrningstengdur. Við yfirlitsnot er hinn einfaldaði einlínuteikniháttur notaður með blokkarmerkinu 07-14-06 „Ræsir með stjörnu-þríhyrnings-skipti”.



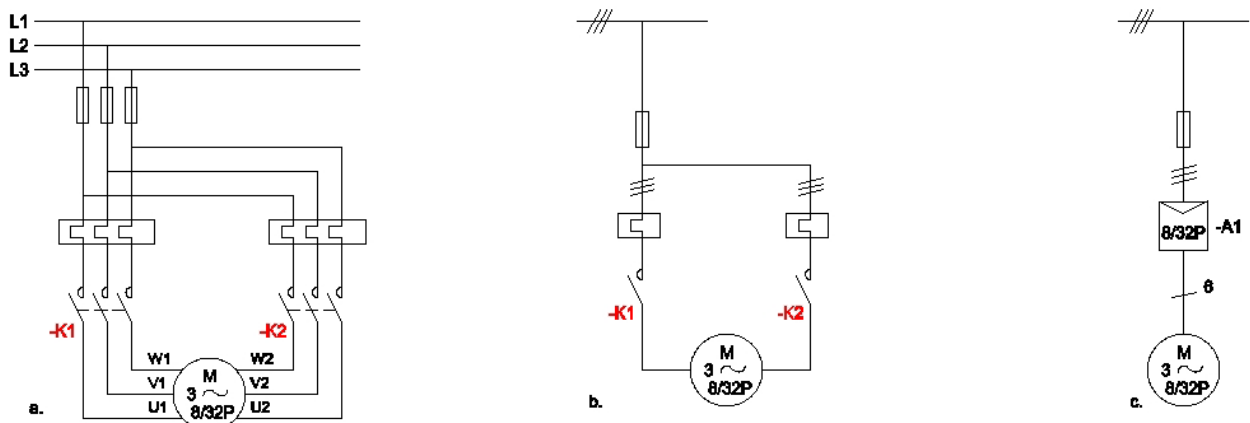
Mynd 3.4

Stjórnun-þríhyrningsræsing ósamfasa hreyfils a. Fjöllínunmynd b. Einlínunmynd með íhlutum c. Einlínunmynd með sætistáknum

Pólskipting

Með því að nota skiptingu á póla fjölda er gerlegt að skipta á milli tveggja hraða. Þá eru notuð eftirfarandi tvö kerfi:

1. *Aðskildar vefjur* með tilviljunarkenndu heillartölu hlutfalli milli snúningshraðanna.
2. *Dahlander-tenging* með hlutfallinu 1:2 milli snúningshraðanna.

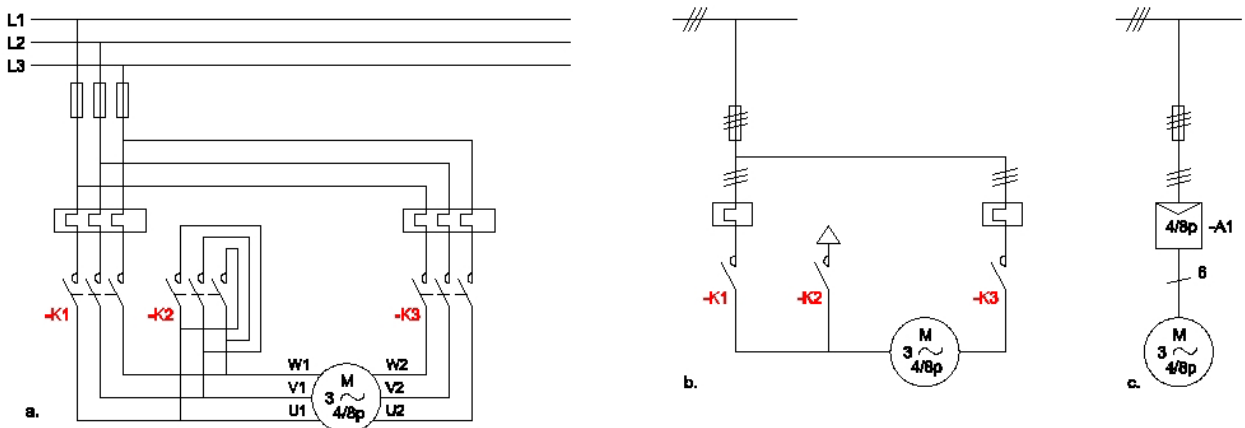


Mynd 3.5

Pólskipting hreyfils með aðskildum vöfum a. Fjöllínunmynd b. Einlínunmynd með skipan íhluta c. Einlínunmynd með sætistáknum

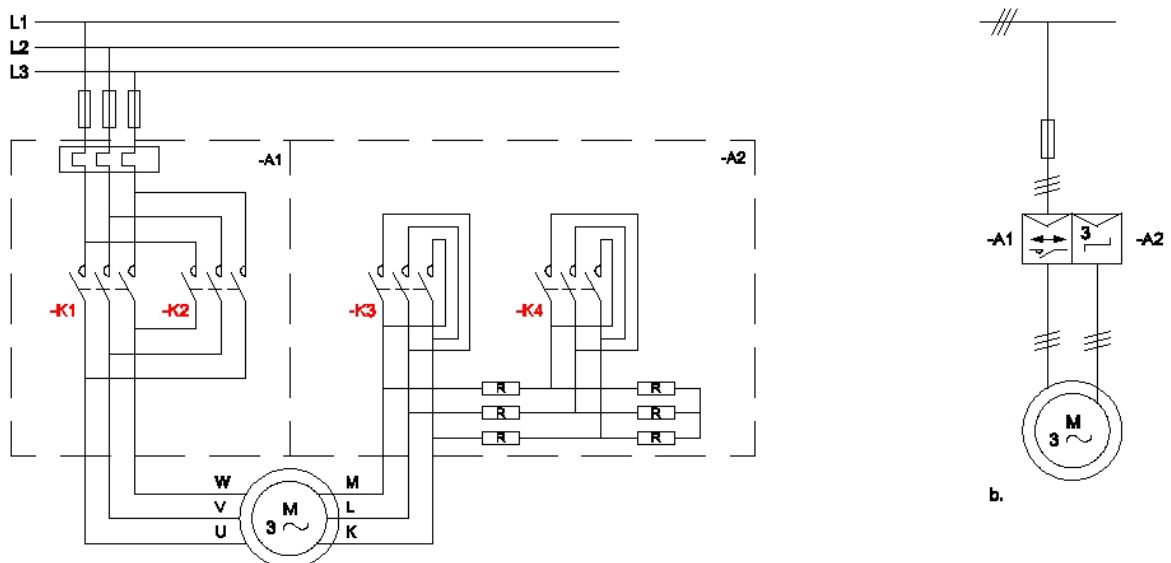
Mynd 3.5 sýnir rásamyndir fyrir pólskiptingu með aðskildum vöfum. Fjöllínuteikniaðferðin sýnir skiptiregluna, og einlínuteikniaðferðin sýnir íhlutaþörfina. Í einfölduðu einlínuteikniaðferðinni er notað sætistáknið 07-14-01: *hreyfilræsir*, með árituðu viðbótartákni fyrir pólfjölda hreyfilsins, og táknið 06-08-01: *þrífasa skammhlaupshreyfill*, einnig með áritun sem viðbótartákn.

Mynd 3.6 sýnir rásamynd fyrir pólskiptingu, þar sem vöf hreyfilsins eru dahlandertengd. Fjöllínuteikniaðferðin sýnir skiptiregluna, einlínuteikniaðferðin sýnir íhlutaþörfina. Í einfölduðu einlínuteikniaðferðinni eru notuð sömu tákn og í mynd 3.5.



Mynd 3.6

Pólskipting hreyfils með vöfin í dahlander-tengingu a. Fjöllínnumynd b. Einlínnumynd með skipan íhluta c. Einlínnumynd með sætistáknum



Mynd 3.7

Viðnámsræðing ósamfasa hreyfils með snertihring a. Fjöllínnumynd b. Einlínnumynd með sætistáknum

Viðnámsræsing

Viðnámsræsing er notuð fyrir ósamfasa hreyfil með snertihringjum(sleituhringjum). Viðnámið í snúðrásinni er minnkað smámsaman, þegar snúningshraði hreyfilsins eykst. Mynd 3.7 sýnir sjálfvirka ræsitolhögun með 3 ræsiprepum og með snúningsáttarbreytingu. Fjöllínuteikniaðferðin sýnir eftirfarandi reglu: Snertlarnir -K1 og -K2 stjórna snúningsáttinni. Snertlarnir -K4 og -K3 lokast í fyrirframgefinni röð samkvæmt ástilltum tímum.

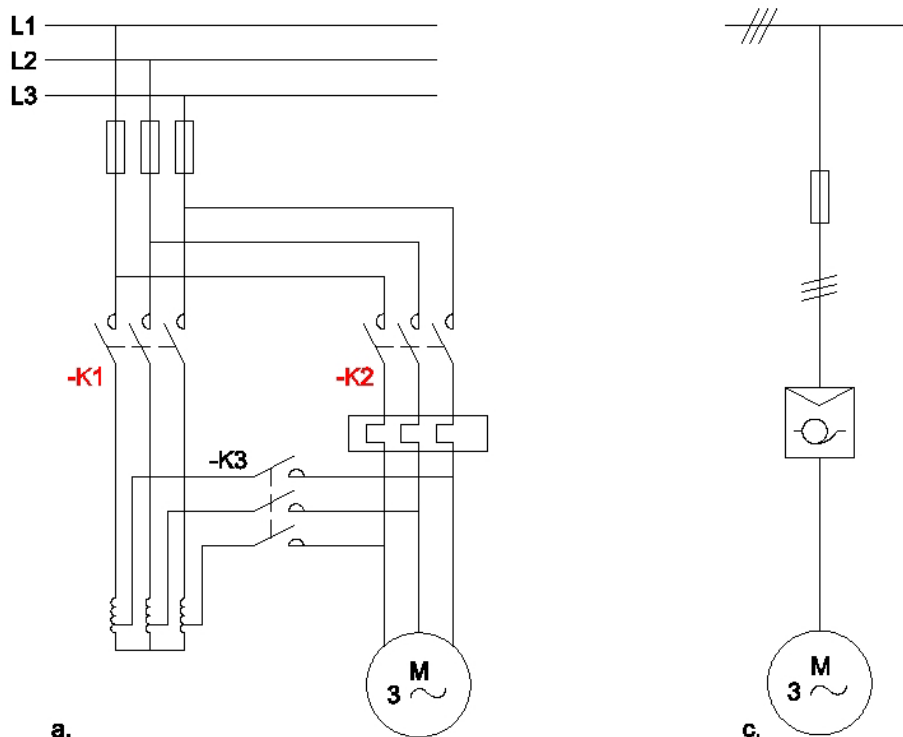
Við einfölduðu einlínuaðferðina notast táknið 07-14-05: *ræsir með snertum fyrir beina ræsinguna og snúningsáttarbreytingu* (íhlutur -A1) og sätistöknúð 07-14-02: *ræsir með þreparæsingunni*, (íhlutur -A2), þar sem gefinn er upp fjöldi þrepa.

Spennisræsing

Þessi ræsing er notuð við ræsinguna á hreyfli án álags eða með léttu álagi, þegar veitukerfið leyfir ekki beina ræsinguna. Spennirinn er venjulega einvafsspennir.

Mynd 3.8 lýsir aðferðinni: Snertlarnir -K1 og -K3 ræsa hreyfilinn við minnkaða spennu. Eftir ákveðinn tíma rjúfa -K1 og -K3, og -K2 lokast, og síðan vinnur hreyfillinn á fullri spennu.

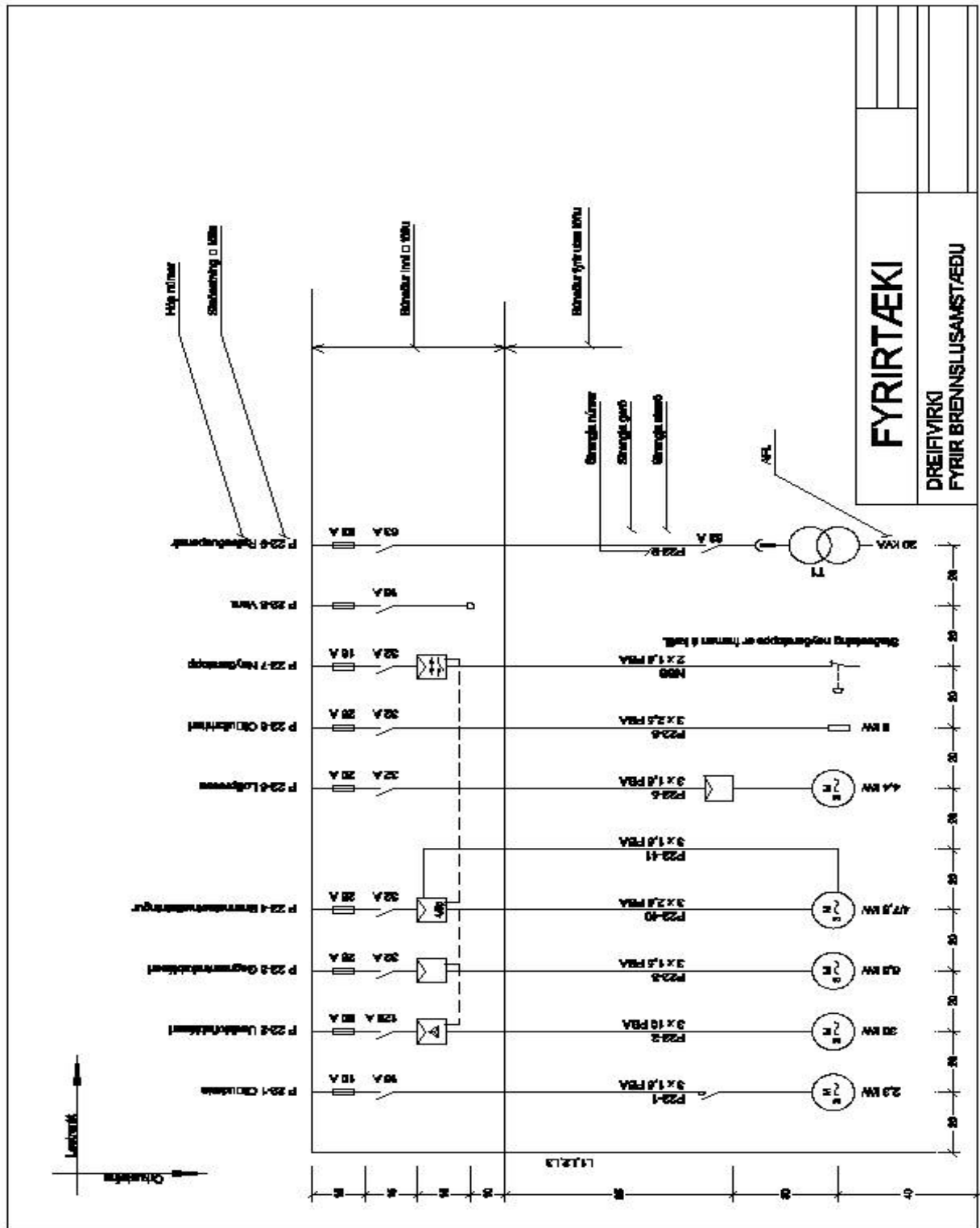
Við einfölduðu einlínuteikniaðferðina er táknið 07-14-07: *ræsir með einvafsspenni* notað.



Mynd 3.8

Spennisræsing ósamfasa hreyfils a. Fjöllínunmynd b. Einlínunmynd með táknum

3.3 Töflur/Dreifivirki



Mynd 3.9
Aðalstraumrásamynd fyrir lágspennu-
dreifivirki

Rásamyndir fyrir dreifivirki eru venjulega teiknaðar með einlínuteikniáferð, þar sem tveir eða fleiri leiðarar eru táknaðir með einu striki. Slík rásamynd kallast oft *aðalstraumrásamynd*.

Myndin getur innihaldið innri og ytri orkutengingar og sýnir alla inn- og útganga og hugsanlega rafala. Auk þess er hægt að taka með (lögboðnar) neyðarstöðvanir, útleysingar og stöðvanir (tálma).

Mynd 3.9 sýnir dæmigerða rásamynd yfir lágspennudreifivirki í iðnaðarfyrirtæki. Málin, sem eru gefin upp á jöðrum teikningarinnar, eru m.a. til hliðsjónar fyrir innbyrðis afstöðu tákna. Það á ekki að færa þau inn á teikninguna. Auk nauðsynlegra tæknilegra upplýsinga varðandi vör, rofa, strengjagerðir, afl neyslutækja o.s.frv., er hin almennt notaða afstaða tákna gefin upp á teikningunni, með lestrarátt, málum, samantalsmerkjum ásamt titilramma samkvæmt ÍST EN ISO 5457.

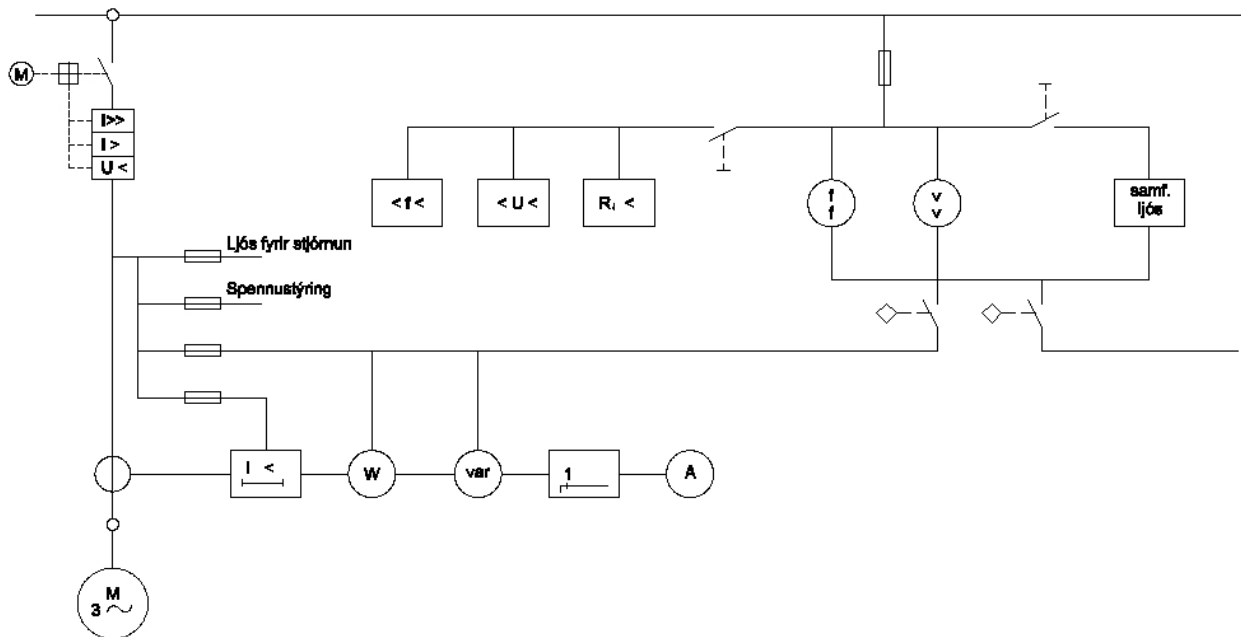
Tilvísanir eru aðeins teknar með, þar sem nauðsyn krefur, og er því sleppt í þessu dæmi, þar sem tölusetning hópanna, sem sýnd er, gefur nægar upplýsingar.

Í þessu dæmi eru vör sett fyrir framan rofa. Þessi staður er valinn til að takmarka álagið á rofana við skammhlaup. Neyðarstöðvunarrásin fyrir brennslublásara ofl., er tekin með til að sýna, til hvaða hreyfla ytri neyðarstöðvun nær.

3.4 Samfösunarbúnaður

Í sambandi við rafala og samfösunarbúnað þeirra er mæli- og verndarbúnaður gjarnan teiknaður með einlínuteikniáferð til þess að geta sýnt gott yfirlit yfir íhlutina, sem notaðir eru og rafrænt samband þeirra.

Mynd 3.10 sýnir uppröðun í samfösunarbúnaði fyrir neyðarrafala, sem tengist lágspennuneti.



Mynd 3.10

Aðalstraumrásarmynd yfir samfösunarbúnað

3.5 Stýrirásamyndir

Stýrirásamynd er rásamynd, sem sýnir stýri- og merkjarásir, sem venjulega eru tengdar virki, og getur verið sérstaklega skráð í aðalstraumrásarmynd. Stýrirásamyndin er sérstaklega gerð til að nýta *einlínuteikniaðferð og dreifða teikniaðferð* (sjá kafla 2.3), og þannig getur maður haldið góðu yfirliti, jafnvel við flóknar stýringar.

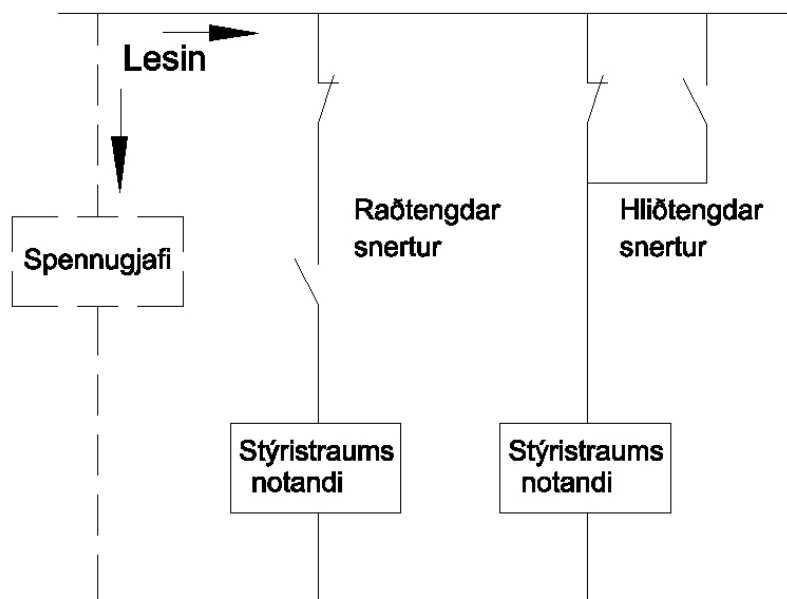
Tilgangurinn með stýrirásamynd er, að sýna, á einfaldan hátt, með aðstoð staðaltákna og dreifðri teikniaðferð, hin rafrænu stýri- og boðstörf virkis og virkishluta, til að skilja megi uppbyggingu og starf virkisins. Í stýrirásamyndinni skulu koma fram eins margar upplýsingar og hin mismunandi verkefni krefjast, þar sem myndin getur, í viðbót við framanritaðan tilgang, seinna myndað grunn til að vinna tengimyndir (sjá kafla 4), lagnateikningar eða við bilanir eða þjónustu.

3.5.1 Grundvallaratriði

Stýrirásamynd á að sýna, hvernig hlutar virkisins verða hluti af stýri- og boðrásum. Stýrirásamyndin er teiknuð með samhliða *straumrásum*, þar sem einstakir hlutir, svo sem snertur, liðaspólur, merkjagjafar og mælibúnaðir, eru settir í samræmi við rafrænt hlutverk þeirra, en óháð vélrænu sambandi og afstöðu þeirra í landslagi (dreifð teikniaðferð). Straumrásirnar teiknast sem lóðréttar tengingar milli tveggja láréttra leiðara, sem tákna spennugjöf kerfisins. Spennugjafinn getur jafnvel orðið hluti af stýrirásamyndinni.

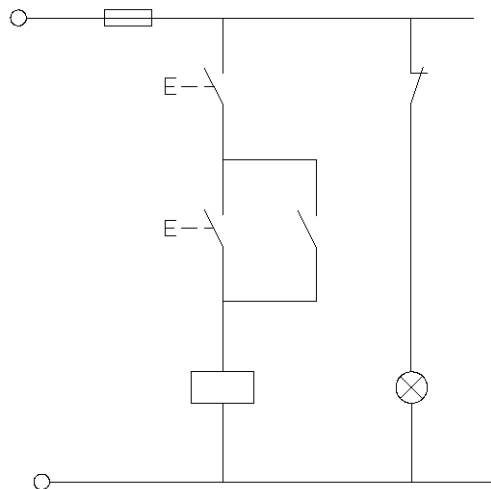
Stýrirásamyndin er lesin frá vinstri til hægri og að ofan og niður, og þannig myndast rökrétt röðun snertuhreyfinga, liðaskiptinga o.s.frv., Snertur og aðrir merkjagjafar teiknast ofantil, og íhlutir, sem verða fyrir spennugjöf (stýristraumsnotendur, þ.e. liðaspólur, merkilampar o.a.) teiknast neðantil. Mynd 3.11 sýnir grundvallaratriðin. Tákn stýrirásamyndarinnar teiknast í samræmi við reglurnar, sem rætt er um í kafla 2.6.3, þ.e. þar sem íhlutir eru sýndir í hvíld og liðar í spennulausu ástandi (einnig þó að það sé ekki gerlegt samtímis séð frá rökrænu sjónarhorni), sjá mynd 3.12.

Með tilliti til þess að hefta í skjalabindi, á að teikna stýrirásamyndir í staðalformi með hæðinni 297 mm (A4-formi), en breiddin er valin eftir þörf, sjá kafla 2.2. Sá hluti myndarinnar, sem inniheldur titilrammann, á að snúa fram. Þar verður að reyna að láta ekki straumleiðirnar falla inn í brotin. Viðvikjandi táknastærðum og sverleika strika vísast til reglnanna í kafla 2.5.1.



Mynd 3.11

Grundvallaratriði fyrir straumrásamynd



Mynd 3.12

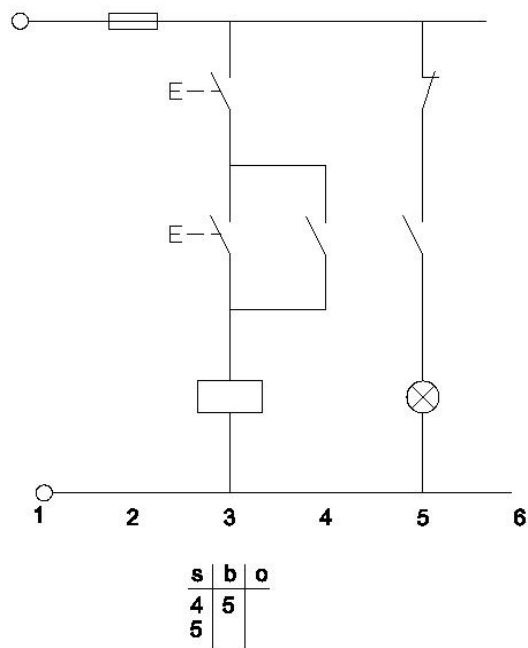
Staða tákna í stýrirásamynd

3.5.2 Tölusetning straumrása

Þar sem hlutur (t.d. segulrofi) getur innihaldið íhluti (spólur og snertur), sem eru hlutar af öðrum straumrásum, er nauðsynlegt að sýna landfræðilega afstöðu. Til að einkenna og staðfæra hluta, sem heyra saman, er því oft notað kerfi, þar sem sérhver straumrás er tölusett, og hverri liðaspólu fylgir tafla, þar sem gefinn er upp röðun snertnanna. Taflan veitir upplýsingar um hvernig snertunum er raðað niður, svo sem fjölda, tegund og stað.

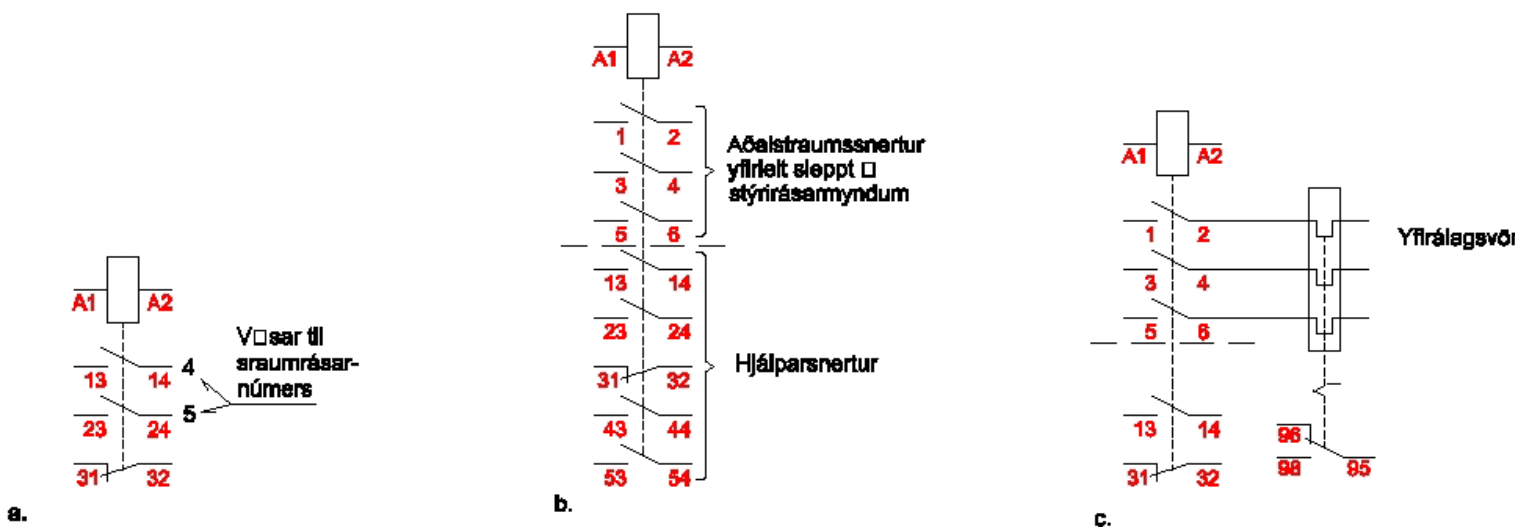
Mynd 3.13 sýnir einfalt dæmi: Efsta lína töflunnar sýnir röðun lokunarsnertnanna (s), opnunarsnertna (b) og víxlunarsnertna (o). Línurnar, sem á eftir koma, sýns tölusetninguna á straumrásunum, sem hlutaðeigandi snertur eru í. Taflan getur einnig innihaldið klemmutilvísanir snertnanna, eins og sýnt er í töflunni á mynd 3.13.

Þriðji möguleikinn er, að maður getur táknað allan liðann, eða hluta hans, í straumrás hans. Mynd 3.14 sýnir dæmi um þetta. Með þessari aðferð fæst yfirlit yfir, hvaða snertur liðans eru lausar.



Mynd 3.13

Tölusetning straumrása og uppsetning snertutöflu



Mynd 3.14

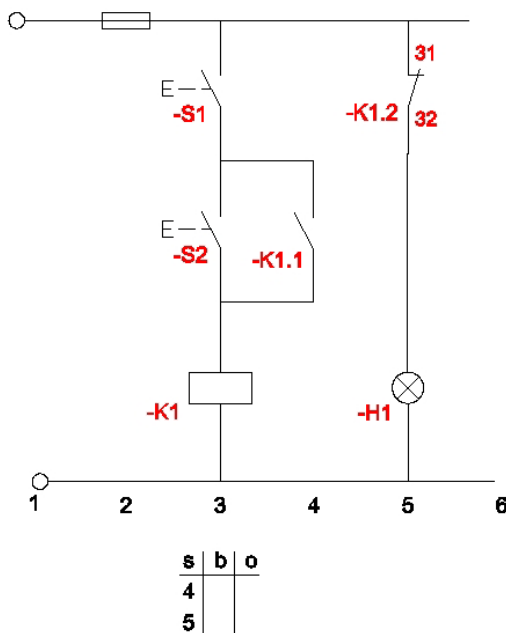
Liðatáknið, sem notað er í stýrirásamynd, a.

Hjálparsnertur eingöngu b. Aðalstraums- og hjálparsnertur c.

Nánari skrásetning aðalstraumsásarinnar

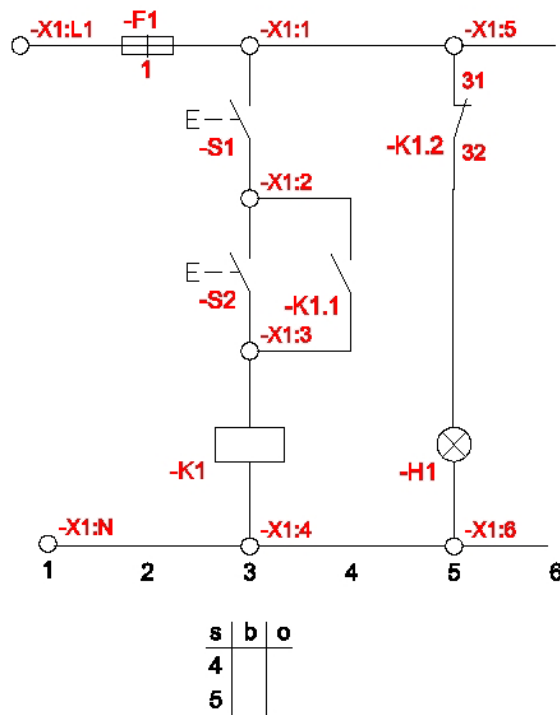
3.5.3 Tölusetning og tilvísun íhluta

Í stýrirásamyndinni eru íhlutirnir tölusettir í röð innan einstakra hópa íhluta. Allir einstakir hlutar, sem tilheyra sama íhlut, fá sömu tilvísun, þar sem notaðir eru bókstafakóðar fyrir tegundir viðfangsefna, sem er lýst í kafla 2.4.1. Snertuspóla og hlutaðeigandi snertur er, t.d. allt táknað með K2 ásamt hugsanlegum undirtölum fyrir snerturnar, sjá Mynd 3.15, þar sem sést, að allar snerturnar, sem hafa kóðann K2, tilheyra sama segulrofa. Ef æskilegt er að sýna nánar, að íhlutirnir séu einkenndir eftir tegund viðfangsefna, er sætistáknið “-“ sett framanvið bókstafakóða allra íhlutanna, en í mörgum tilfellum má sleppa því, ef ekki er vafi um merkinguna.



Mynd 3.15

Stýrirásamynd með íhlutatilvísun



Mynd 3.16

Stýrirásamynd með klemmutilvísun

3.5.4 Tölusetning tengiklemma

Í stýrirásamynd einkennast tengiklemmurnar með númeri þess tengibrettis, sem klemman tilheyrir, og síðan með tölum í töluröð í því tengibretti, eins og sýnt er í kafla 2.4.44. Til dæmis sýnir $-X1:2$, að um er að ræða klemmu nr. 2 í tengibretti nr. 1. Mynd 3.16 sýnir heildardæmi um tölusetningu íhluta og tengiklemma.

Sjá ÍST EN IEC 61082-3

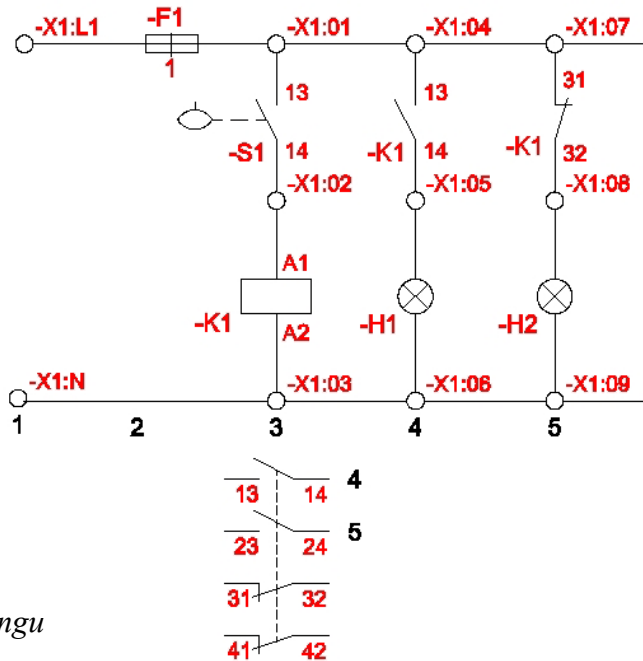
3.5.5 Dæmi um stýrirásamyndir

Í eftirfarandi eru tekin nokkur dæmi til að sýna, hvernig má teikna stýrirásamyndir, sem um leið sýna nokkrar af mest notuðu stýringunum.

Einpóla stýring liða

Meginreglan fyrir einpóla stýringu, í þessu tilfelli liði, sem stýrt er af einpóla rofa, t.d. vatnshæðarrofa, er sýnd í mynd 3.17. S1 er rofinn, sem stýrir. Þegar S1 lokast, örvast K1, og lampinn S1 lýsir. Laampinn H2 lýsir aðeins, þegar S1 er opin.

Snertutáknin í straumrás 3 sýna, hvaða snertur eru í liðanum og stað snertnanna í straumrásinni. L1 og N sýna, að stýrispennan er í þessu tilfelli tengd L1 og núlli.

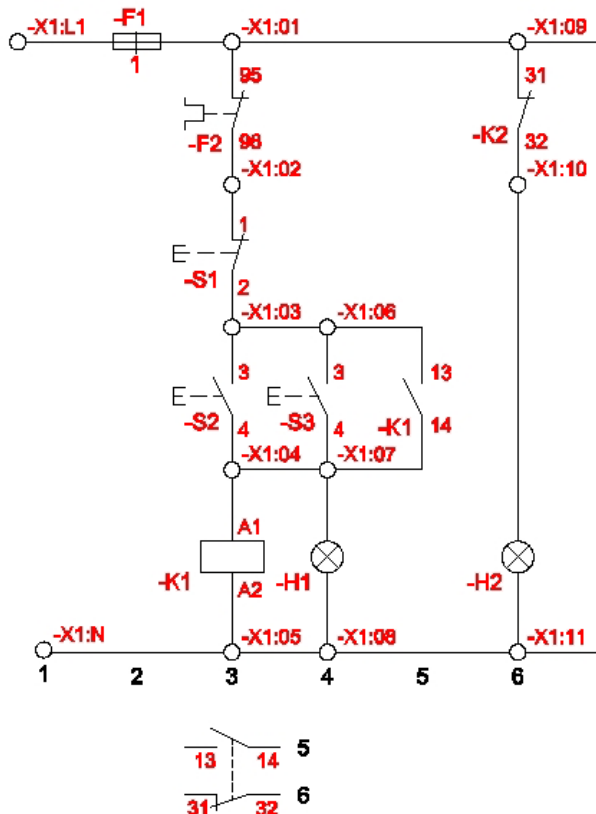


Mynd 3.17
Meginregla fyrir einpóla liðastýringu

Ræsingar- og stöðvunarstýring hreyfilverndar

Meginreglan fyrir ræsingar- og stöðvunarstýringu, sem í þessu tilfalli er segulstýrð hreyfilvernd, er sýnd í mynd 3.18. Aðalsnerturnar eru ekki sýndar.

Ræsing hefst með því að ýta á ræsisnertu S2 eða S3. Stöðvun hefst með því að þrýsta á stöðvunarsnertuna S1 eða við útleysingu frá hitaliðanum F2. Merkjalampanir H1 og H2 sýna, hvort hreyfilverndin er inni eða úti. Merking á klemmunum sýnir, að þær eru í tengibretti -X1.

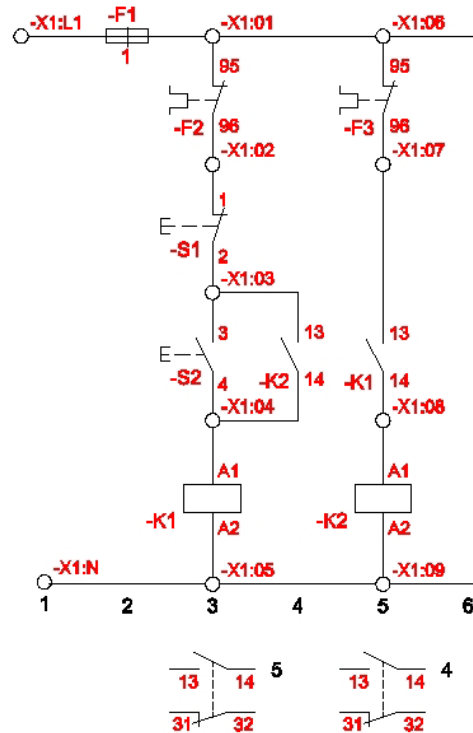


Mynd 3.18
Meginreglan fyrir ræsingar- og stöðvunarstýringu

Tímaráðarstýring tveggja hreyfla

Í mörgum tilfellum eiga ræsing og rekstur hreyfils að vera háð því, hvort annar hreyfill er í rekstri. Þetta er t.d. dæmigert fyrir flutningskerfi. Mynd 3.19 sýnir tímaráðarstýringu tveggja hreyfla. Með því að ýta á S2, örvast K2 (hreyfill 1 ræsist), hringurinn í straumrás 5 lokast og K2 örvast (hreyfill 2 ræsist). Þegar K2 er örvaður, myndar hann haldrás fyrir K1 í straumrás 4.

Þó að aðeins annar segulrofanna slái út, mun hinn einnig slá út.

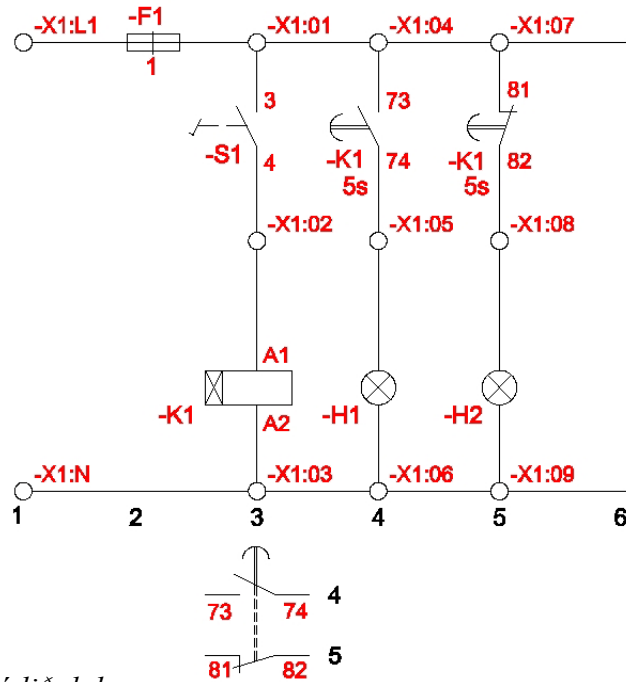


Mynd 3.19

Meginreglan fyrir tímaráðarstýringu tveggja hreyfla

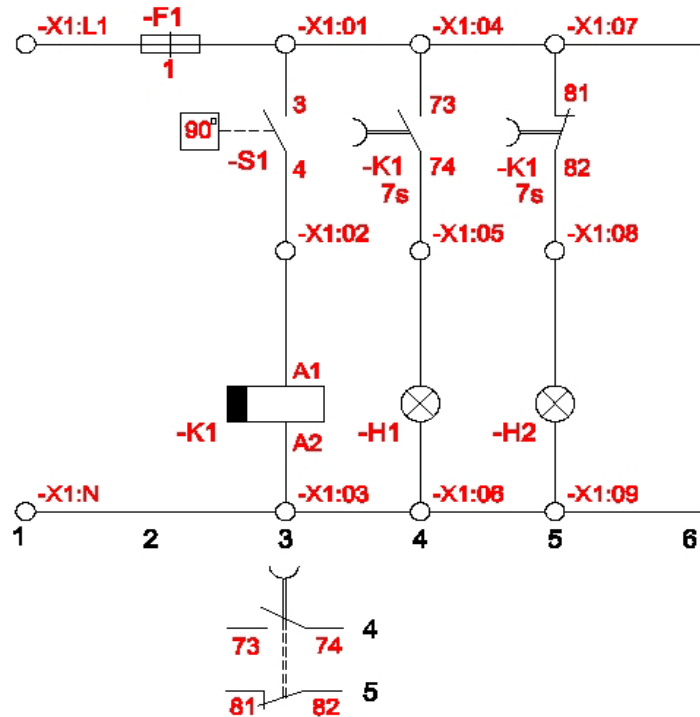
Stýring með liðum með seinkun á lokun og opnun

Þessar stýringar eru notaðar, þegar óskað er, að hin örvandi aðgerð vari í ákveðinn tíma áður en brugðist er við. Mynd 3.20 sýnir stýringu með einpóla fótstigsrofa á liða með seinkaðri lokun. Þegar S1 lokast, fær K1 merki, en örvast fyrst eftir ástilltan tíma, og lamparnir lýsa. Táknir fyrir bæði liðaspóluna (07-15-08) og snerturnar (07-05-02 og 07-05-03) sýna tegund seinkunarinnar. Innstillta seinkunin (sem hér er 5 sek.) er gefin með áritun við snertutáknin. Þegar S1 rofnar, mun liðinn sleppa strax og snerturnar skipta. Ef S1 opnast áður en innstillti tíminn er liðinn, virka liðarnir ekki.



Mynd 3.20

Meginreglan fyrir stýringu með seinkun á liðalokun



Mynd 3.21

Meginreglan fyrir seinkun á liðaopnun

Mynd 3.21 sýnir samsvarandi stýringu með *seinkaðri sleppingu*. Þegar S1 lokast (hér vegna hitaáhrifa), örvast liðinn strax og lamparnir breytast. Þegar S1 opnast, munu snerturnar breyta stöðu eftir innstilltan tíma (hér 7 sek). Ef S1 lokast aftur áður en 7 sek eru liðnar, er liðinn áfram óbreyttur. Táknin sem sýnd eru fyrir liðaspólu (07-15-07) og snertur (07-05-02 og 07-05-03) sýna tegund seinkunarinnar.

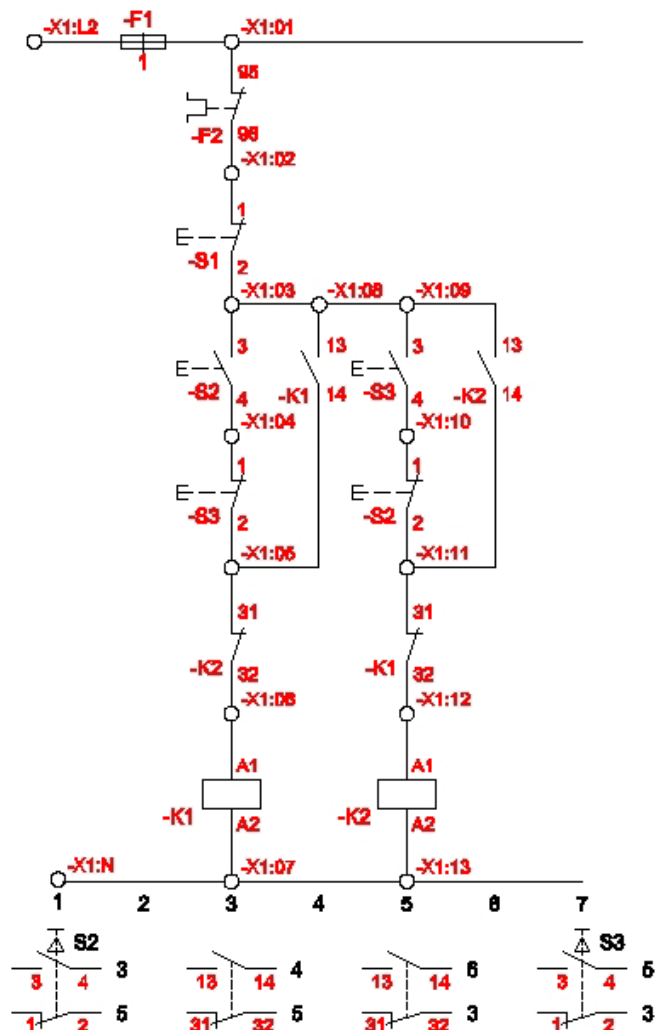
Það skal bent á, að stýrirásamyndin lýsir ekki, hvernig tímaseinkunarliði útfærir seinkunina; það getur verið vélrænt, rafrænt eða rafeint og krefst í sumum tilfellum sérstaks aflgjafa.

Gagnkvæm læsing milli tveggja snertna

Meginreglan fyrir ræsingar- og stöðvunarstýringar segulrofa og segulstýrðrar hreyfilverndar með gagnkvæmri læsingu milli tveggja segulrofa, og með læsingu í hinum tveimur ræsisnertum, er sýnd í mynd 3.22. Aðferðin er notuð við snúningsáttarbreytingu hreyfils, og getur notast sem stýrirás fyrir virkið, sem sýnt er í kafla 3.2 (mynd 3.3).

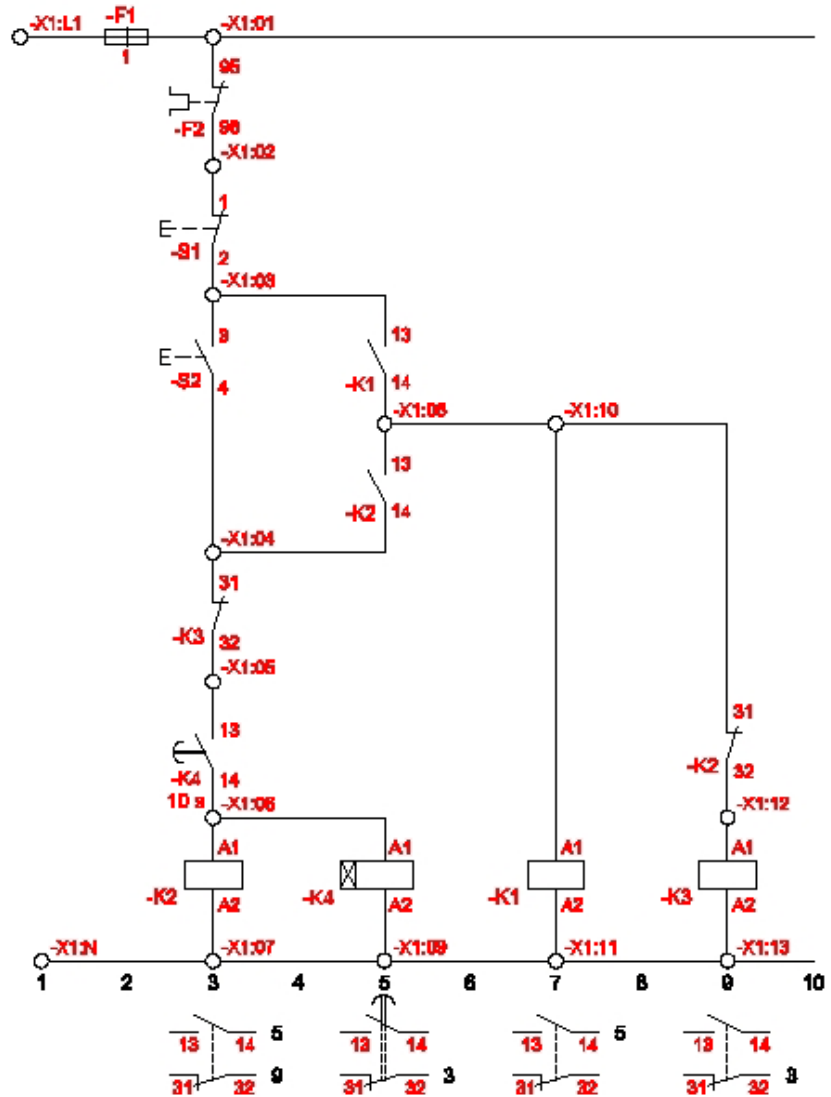
Þegar ýtt er á S2, opnast opnunarsnerta (rofsnerta) hennar í straumleið 5, og lokunarsnerta hennar í straumleið 3 lokast og K1 örvast og hindrar K2. Með því að ýta samtímis á S2 og S3 læsast báðir segulrofarnir og geta ekki örvast. Þegar ýtt er á S1 mun örvaði rofinn sleppa. K1 getur því næst örvast sérstaklega á sama hátt ef ýtt er á S3.

Til þess að lýsa þessari sérstöku útfærslu þrýstihnappanna S2 og S3 má sýna tákn þeirra samandregin í stýrirásamyndinni, eins og sýnt er á myndinni. Það er nauðsynlegt að hafa þessa sérstöku læsingu milli ræsisnertnanna, því að jafnvel örstutt lokun beggja segulrofanna samtímis veldur skammhlaupi.

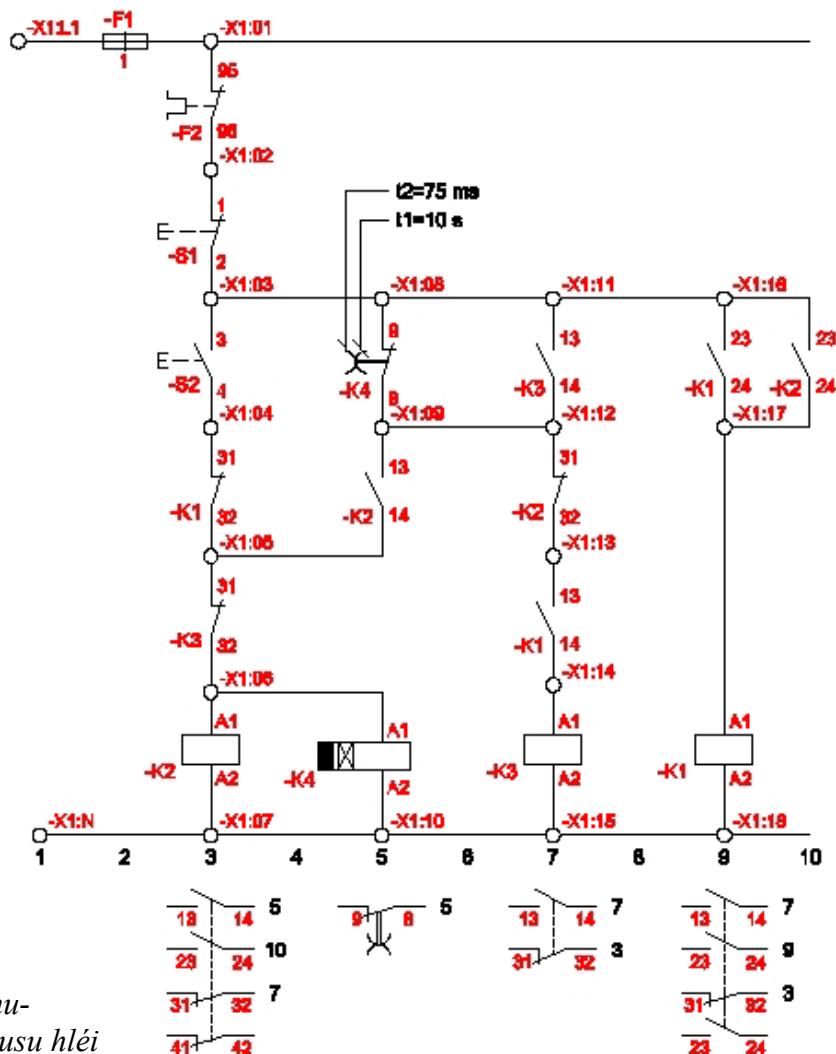


Mynd 3.22

Meginreglan fyrir stýringu með gagnkvæmri læsingu



Mynd 3.23
 Meginreglan fyrir sjálfvirka
 stjórnun-þríhyrningsræsingu hreyfils



Mynd 3.24

Meginreglan fyrir sjálfvirka stjörnu-
þríhyrningsræsingu með spennulausu hléi

Sjálfvirkur stjörnu-þríhyrningsrofi

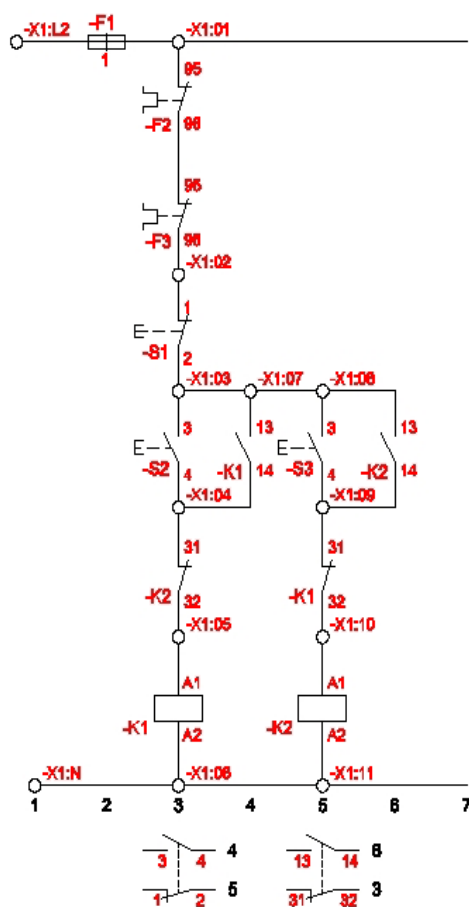
Meginreglan fyrir sjálfvirkan stjörnu-þríhyrningsrofa fyrir hreyfil er sýnd á mynd 3.23. Aðferðina má nota sem stýrirás fyrir stjörnu-þríhyrningsrofann, sem sýndur er í kafla 3.2 (mynd 3.4).

Þegar ýtt er á S2, örvast segulrofi K2, og myndar stjórnutenginguna í aðalstraumrásinni. Um leið örvast liðinn K4, sem er með seinkuðum drætti (10 sek). Þegar K2 lokar í straumleið 5, örvast K1, sem spennusetur hreyfilinn, sem nú er ræstur í stjórnutengingu. Á sama tíma myndar lokunarsnertan K1, í straumleið 5, læsirás.

Þegar ástillti tíminn á tímaliðanum, er liðinn, opnast K4 í straumleið 3, K2 leysir út, og þar með lokast snertan K2 í straumleið 9 og örvar segulrofa K3, sem tengir hreyfilinn í þríhyrningstengingu. Þegar K2 leysir, rofnar tímaliðinn um leið, og opnunarsnertan K3 í straumleið 3 hindrar, að K2 geti aftur tengst með S2.

Þegar ýtt er á S1, aftengjast allir liðar.

Í staðinn fyrir venjulega liðan K4 með seinkuðum drætti má nota rafeindan tímaliða með hvoru tveggja, seinkuðum drætti og leysingu, og með því móti fæst stutt spennulaust hlé milli stjörnu- og þríhyrningstengingarinnar, og á þann hátt tryggja, að liði K2 (stjörnutengingin), sé algjörlega frátengdur, áður en K3 (þríhyrningstengingin) dregst. Meginreglan er sýnd í mynd 3.24. Ræsingarferlið fyrir stjörnutengingu er eins og áður. Tímaliðinn K4 er sýndur með tákni 07-15-09: *Liðaspóla með bæði seinkuðum drætti og leysingu*, og er snerta hans í straumleið 5 sýnd með samsettu tákni (sbr. Kafla 2.6.1), sem getur táknað sem *opnunar-snerta(rofsnerta) með seinkaðri opnunar- og lokunarverkun*. Ástilltu tímarnir eru gefnir með áritun. Þegar ástilltur tími liðans t1 (hér 10 sek) er útrunninn, opnast liði K2 (stjörnutengingin) með opnunar(rof-)snertunni K4 í straumleið 5. Þessi opnunar-snerta er áfram opin í ástilltan tíma t2 (hér 75 ms), eftir að tímaliðinn er orðinn spennulaus. Það er ekki fyrr en rofsnertan lokast aftur, að segulrofi K3 tengist, og hreyfillinn heldur áfram í þríhyrningstengingu. Þegar þrýst er á S1 frátengjast allir liðar.



Mynd 3.25

Meginreglan fyrir pólskiptiræsingu hreyfils með aðskildum vöfum

Pólskipting í hreyfli með aðskildum vöfum

Meginreglan fyrir ræsingu og stöðvun tveggja hreyfilvernda með gagnkvæmri læsingu við pólskiptingu milli aðskilda hreyfilvafa er sýnd í mynd 3.25. Aðferðina má nota sem stýrirás fyrir pólskiptinguna, sem sýnd er í kafla 3.2 (mynd 3.5).

Þegar ýtt er á S2, örvast K1, sem þá rýfur straumleið 5, og kemur þar með í veg fyrir, að K1 örvist. Haldsnertan í straumleið 4 sér um að halda K1 inni. Það er ekki fyrr en K1 leysir, að K2 örvast með aðstoð S3.

Þegar ýtt er samtímis á S2 og S3 bregst hraðari snertan við og læsir hinni. Það getur orðið stutt skörun aðalsnertna segulrofanna tveggja, en það hefur aðeins litla þýðinga við

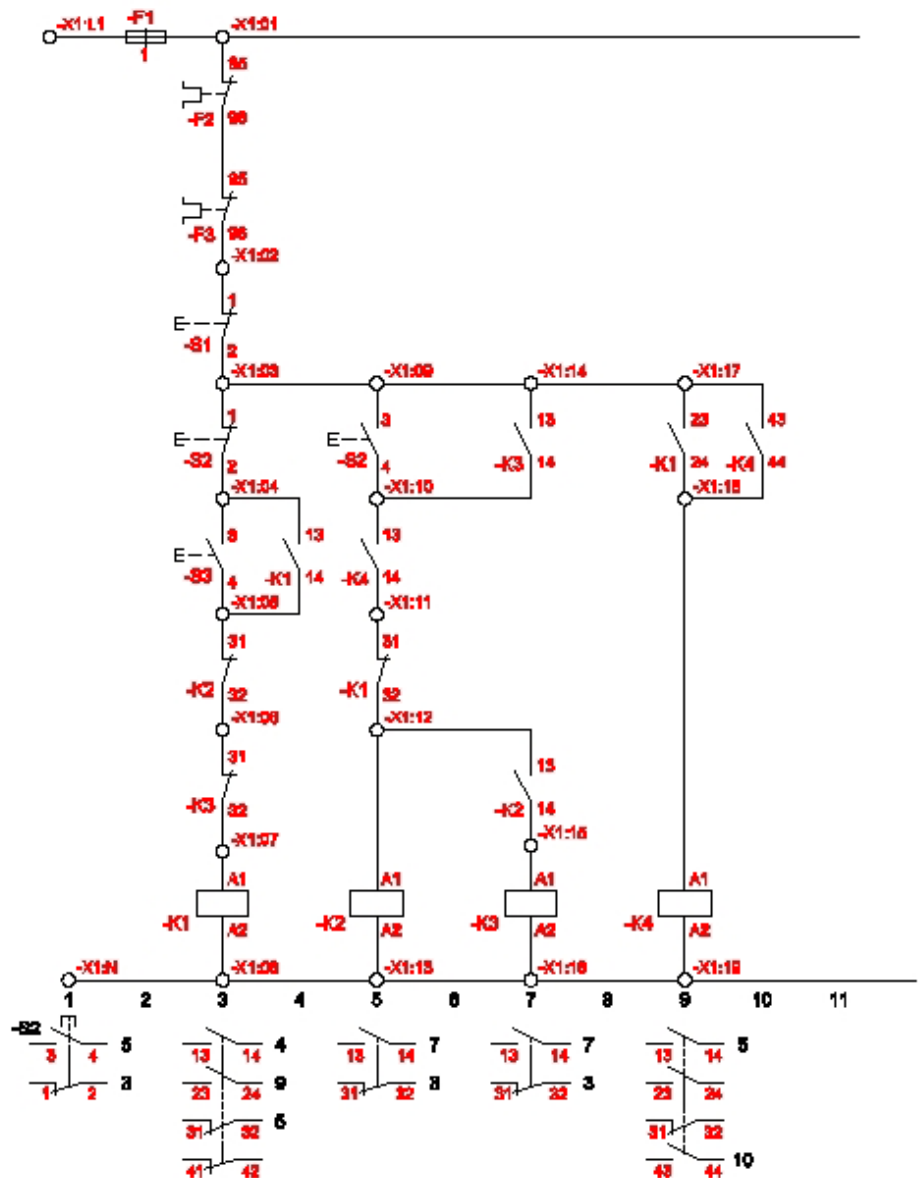
pólskiptingu með aðskildum vafningum. Það er þessvegna ekki nauðsyn á gagnkvæmri læsingu ræsisnertnanna.

Tímaráðarstýring við pólskiptingu hreyfils með Dahlander-vafi

Meginreglan fyrir notkun læsingar og tímaráðarstýringu við pólskiptingu hreyfla með vafaúttökum (t.d. Dahlander-tengingu), þar sem aðeins má ræsa við lágan snúningshraða, er sýnd í mynd 3.26. Aðferðina má nota sem stýrirás fyrir pólskiptinguna, sem sýnd er í kafla 3.2 (mynd 3.6)

Þegar ýtt er á S3, örvast K1, sem setur spennu á hreyfilinn í gegnum lághraðaklemmurnar, og um leið læsast K2 og K3 í straumleið 5. Að síðustu örvast K4, sem nú er áfram örvaður, þar til ýtt er á stöðvun (S1). Þegar ýtt er á S2 aftengist K1, en K4 er áfram örvaður, og lokunarferlið fyrir S2 í straumleið 5, ásamt snertunni K4 og óvirku opunarsnertunni K1, myndar straumrás að K2.

Segulrofinn K2 myndar stjörnupunkt í aðalstraumrásinni, og í stýrirásinni lokar snerta hans straumleið 7, og þar með tengist K3 og hleypir spennu á fyrir háhraða. Ef nú er ýtt á S3 fyrir lághraða, gerist ekkert, þar sem opunarsnerturnar frá K2 og K3 hindra K1 í að spennusetjast. Ef tengja á fyrir lághraða, verður fyrst að ýta á S1, sem opnar allar snertur. Stýringuna má auðvitað framkvæma út frá öðrum forsendum, svo sem, valfrjálsum ræsingarhraða eða með beinni skiptingu frá háum til lágs hraða.



Mynd 3.26

Meginreglan fyrir pólskipting hreyfils með úttöku

3.5.6 Val á stýrispennu, strengjum o.fl.

Við val á stýrispennu skal taka tillit til:

- spennufalls í stýrileiðurum
- snertusnertiviðnáms
- strengjalengda
- staðla fyrir stýrispennu

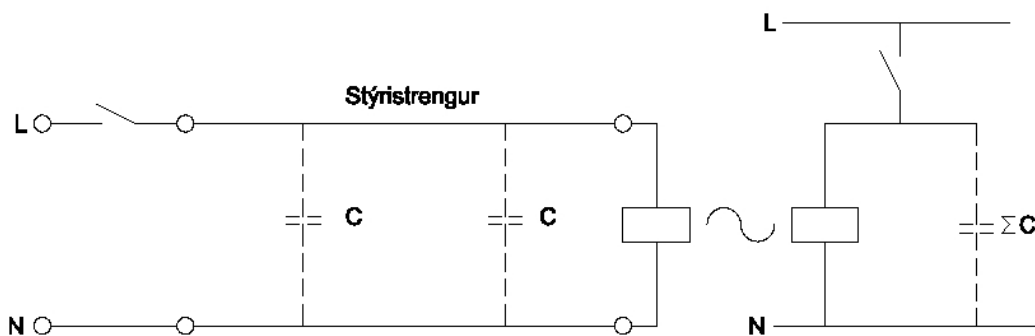
Þar sem lokunarstraumur snertu er 5-10 sinnum haldstraumurinn, og þar sem spóluspennan má ekki vera minni en 80% af málspennu spólunnar, er nauðsynlegt við langa strengi (t.d. fjarstýringu) að sjá til þess, að spennufallið sé ekki meira en leyfilegt er. Þar sem hlutfallslegt spennufall er í öfugu hlutfalli við spennuna í öðru veldi, er hæfilega há stýrispenna (48...220 V) áhrifamikil aðferð til að fá fullnægjandi spennuáðstæður.

Í stýrirás eru oft margar raðtengdar snertur. Ef þær eru gerðar úr snertiefni, sem er gert til að rjúfa og tengja, t.d. hreyflastrauma, munu þær ekki alltaf eiga við í stýrirásunum með tiltölulega lágri stýrispennu, þar sem heildar snertiviðnámið getur orðið of hátt til að segulrofinn, sem stýrt er, geti unnið. Þess vegna eiga liðasnertur, sem eru hluti af stýrirás með lækkaðri spennu, að vera, t.d. sjálfhreinsandi snertur, eða að stýrirásin sé gerð fyrir 100...220 V. Snertiaðstæðurnar má bæta með því að hliðtengja fleiri en eina snertu.

Ef langir strengir eru hluti af stýrirásunum, á að gæta þess, að rýmd strengjanna getur hugsanlega haft slæm áhrif á stýringuna. Við notkun riðspennu til stýringar gildir eftirfarandi:

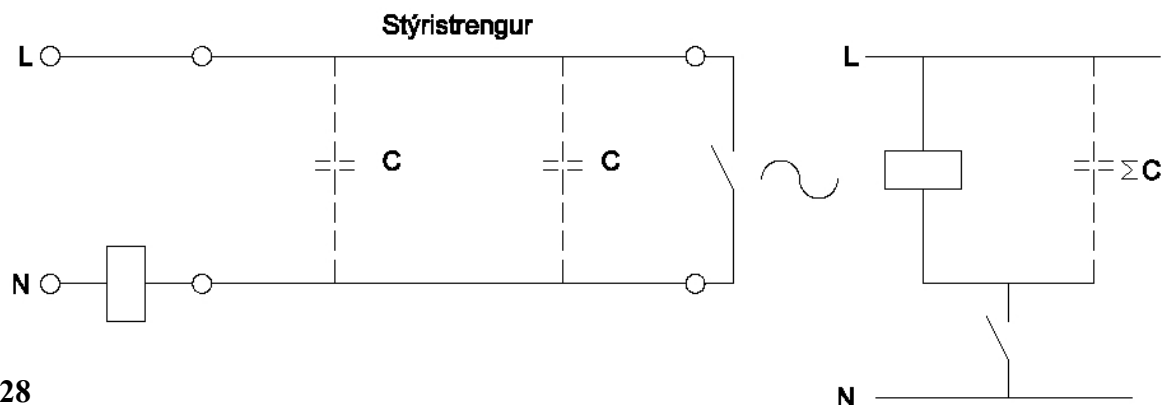
Ef snertan er sett mjög nálægt spennugjafanum (mynd 3.27), mun hún tengja og rjúfa bæði spólu- og rýmdarstraum samtímis, þannig að rýmdarstraumurinn mun aðeins í íttruðu undantekningartilfellum valda seinkun. Athygli skal beint að því, að stýrisnertan á að geta flutt allan rýmdarstraum strengsins, sem auðveldlega getur orðið meiri en spólustraumur liðans.

Ef snertan, aftur á móti, er sett langt frá spennugjafanum, mun snertan, að vísu, örva spóluna við lokun. En ef rýmdarstraumurinn nær því að verða stærri en haldstraumur spólunnar, mun segukrofinn (liðinn) ekki aftengjast, þegar snertan opnast. Aðstæðurnar eru sýndar í mynd 3.28. Þegar jafnstraumur er notaður til stýringar, geta myndast stórir hleðslustraumar, vegna rýmdar strengsins, við tengingu, ásamt með miklum tímaseinkunum stýrða liðans, ef valdir eru liðar með háu spóluviðnámi vegna spennufallsvandræða í tengslum við langa strengi.



Mynd 3.27

*Staðgengilsstraummynd fyrir langan
Stýristreng með fjarlægri spólu*



Mynd 3.28

Staðgengilsstraummynd fyrir langan stýristreng með fjarlægri snertu

Eftirfarandi gildi stýrispennu eru stöðluð samkvæmt ÍST EN 60 204:

Riðstraumur: 24 eða 48 V, 50 eða 60 Hz

110 V, 50 Hz

115 V, 60 Hz

220 V, 50 Hz

230 V, 60 Hz

Jafnstraumur: 24 – 48 – 220 – 250 V

Ekki er ráðlagt að nota lægstu gildin (24 og 48 V) í stórum virkjum með löngum stýrileiðum. Í virkjum með rafeinda stýringum (t.d. PLC, sjá kafla 6) koma ennþá lægri stýrispennur fyrir, t.d. 10 V.

4. Tengimyndir ofl.

Þessar myndir, sem tilheyra flokknum tengiskjöl, veita upplýsingar um tengipunkta virkisins og rafrænar tengingar milli þeirra. Það getur náð yfir innri og ytri tengingar í virkjahlutum, úttök og strengi.

4.1 Innri tengimyndir

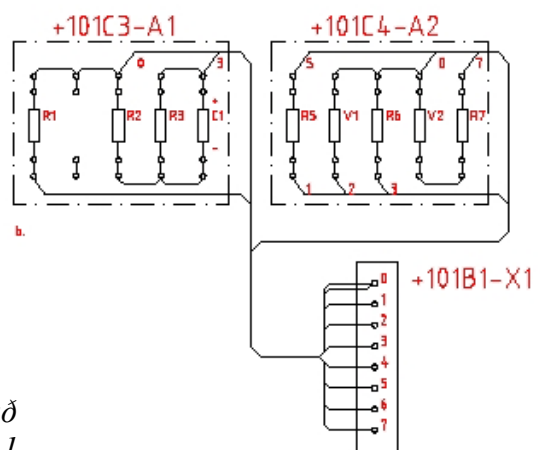
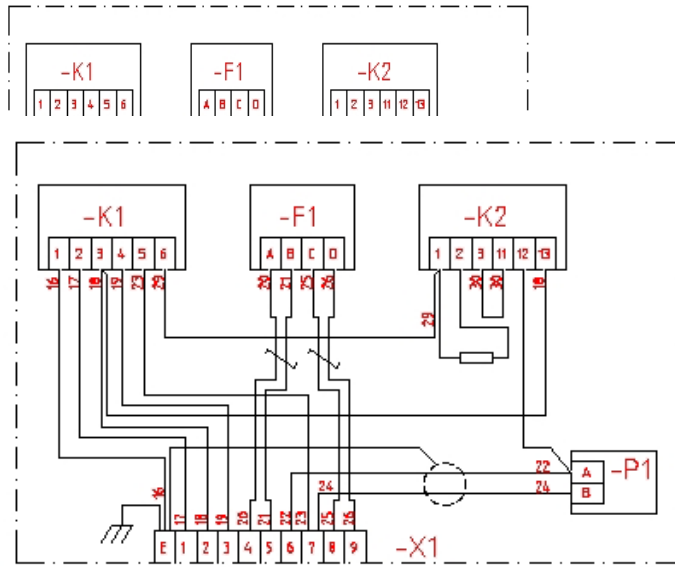
Innri tengimynd er tengiskjal, sem sýnir innri rafrænar tengingar í virkishluta. Hún er aðallega notuð við smíði og viðhald viðkomandi virkishluta.

Venjulega eru ekki teknar með á myndina upplýsingar um ytri tengingar, en tilvísanir til viðeigandi tengimynda eða –taflna eru oft með.

Innri tengimyndir eru venjulega teiknaðar með því að nota landfræðilega (afstöðu-) teikniáferð (sjá kafla 2.3), og er mikilvægt að leggja áherslu á úttök eða tengipunkta þeirra íhluta og virkishluta, sem tilheyra búnaðinum. Nota skal þá teikniáferð, sem sýnir búnaðinn, eins og hann kemur fyrir, við smíðina; það getur hugsanlega orðið nauðsynlegt að nota fleiri en eina mynd af, t.d. bæði fram- og bakhlið.

Úttök eru sýnd með táknuinu 03-02-02: *Úttök, klemmur* eða 03-02-03: *Úttaksbretti, klemmubretti*.

Leiðarar eru teiknaðir annað hvort með fjöllínuteikniáðferð frá úttaki til úttaks, eða þá að nota einlínuteikniáðferð, eins og sýnt er á mynd 2.17. Tæknilegar upplýsingar um leiðara geta verið áritaðar, t.d., gerð og þvermál. Einnig má árita, hvort leiðararnir eigi að vera snúnir, skermaðir, vera aðskildir frá öðrum leiðurum o.s. frv. Þar sem skermaðir leiðarar eru teiknaðir, á myndin að sýna, hvort skermurinn á að vera einangraður eða jarðtengdur. Línur, sem sýna leiðara, má tákna á viðeigandi hátt, svo sem með merkingu, sem er á sjálfum leiðaranum. Skráning leiðara með lit hans er oft notuð. Í þeim tilfellum er litakóði leiðarans áritaður á myndina, aðgreint frá öðrum hugsanlegum tilvísunum. Almennur bókstafakóði til litamerkinga innan raftækninnar er í IEC 60757: *Kóðatilvísanir fyrir liti*, sem er samsamur samræmingarskrá HD 457: *Kóði yfir litamerkingar*.



Mynd 4.1

Dæmi um innri tengimyndir a. Marglínuteikniáðferð b. Einlínuteikniáðferð. Athuga að staður íhlutanna er gefinn með tilvísunarsæti 1

Mynd 4.1 sýnir dæmi um innri tengimyndir fyrir tækjaskáp og fyrirkomulagskort yfir íhluti. Upplýsingarnar, sem eru gefnar í innri tengimynd, má oft með meiri nákvæmni gefa upp í töflu, einkum ef ekki eru gerðar sérstakar kröfur til, hvernig innri leiðarar eru lagðir. Í innri tengitöflu á hver lína að vísa til einnar tengingar. Uppbyggingu töflunnar á að aðhæfa hverju tilfalli fyrir sig. Innri tengitöflur má bæta upp með fyrirkomulagsteikningum, t.d. úthlutunarteikningu.

Eftirfarandi tengitafla svarar til innri tengingar, sem sýnd er í mynd 4.1.a.

Viðfangsefni	Frá klemma	Til viðfangsefni	klemma	athugasemdir
K1	1	X1	E	jarðt.
	2	X1	1	
	3	X1	2	
	4	X1	3	
	5	X1	7	
	6	K2	1	
K2	1	K2.R1	-	
	2	K2.R1	-	
	3	K2	11	
	12	P1	A	
	13	K1	3	
F1	A	X1	4	
	B	X1	5	4 og 5 snúist saman
	C	X1	8	
	D	X1	9	8 og 9 snúist saman
P1	A	X1	6	jarðtengja og skerma 6 og 7
	B	X1	7	
Allir leiðarar eru H 07-V-U 1x1,5				

Nákvæm lýsing á reglunum yfir innri tengiskjöl er í ÍST EN IEC 61082 ”Útfærsla á innri tengimyndum og –töflum”.

4.2 Ytri tengimyndir

Ytri tengimynd er tengiskjal, sem sýnir hinar ytri rafrænu tengingar milli virkisluta í virki. Það er aðallega notað við uppsetningu og framleiðslu á strengja- og leiðaragnippum ásamt viðhaldi.

Í myndina eru venjulegast ekki teknar með upplýsingar um innri tengingar, en tilvísun til viðkomandi rásamynda eða innri tengimynda er oft sett með.

Notaðar eru teikniáðferðir einsog lýst er í kafla 2.5.3, þar sem tengingar milli eininganna (íhluta ofl.) eru táknaðir með strikum, sem geta táknað hvort sem er einleiðara, leiðaragnippi eða strengi. Myndirnar á að útfæra þannig, að strikin liggi á rökrænan hátt milli endapunktanna og gefi gott yfirlit.

Nota á myndframsetningu, sem, eins vel og gerlegt er, sýnir hlutræna uppsetningu búnaðarins. Ef nauðsynlegt reynist má nota fyrirkomulagsteikningu (afstöðumynd) til að gera fullnægjandi grein fyrir innbyrðis afstöðu eininganna.

Einingarnar sem eru hluti af ytri tengimyndinni, afmarkast með afmörkunarlínunum (sjá kafla 2..5) og einkennast á videigandi hátt, t.d. með heiti eða tilvísunartákni (sjá kafla 2.4).

Úttök eru sýnd með táknum (03-02-02 eða 03-02-03, sjá kafla 4.1). og einkennast við hvern endapunkt, annað hvort með merkingu, sem svarar til hins raunverulega búnaðar (t.d. klemmunúmeri) eða tilvísun, sem er árituð á samtengdu skjali.

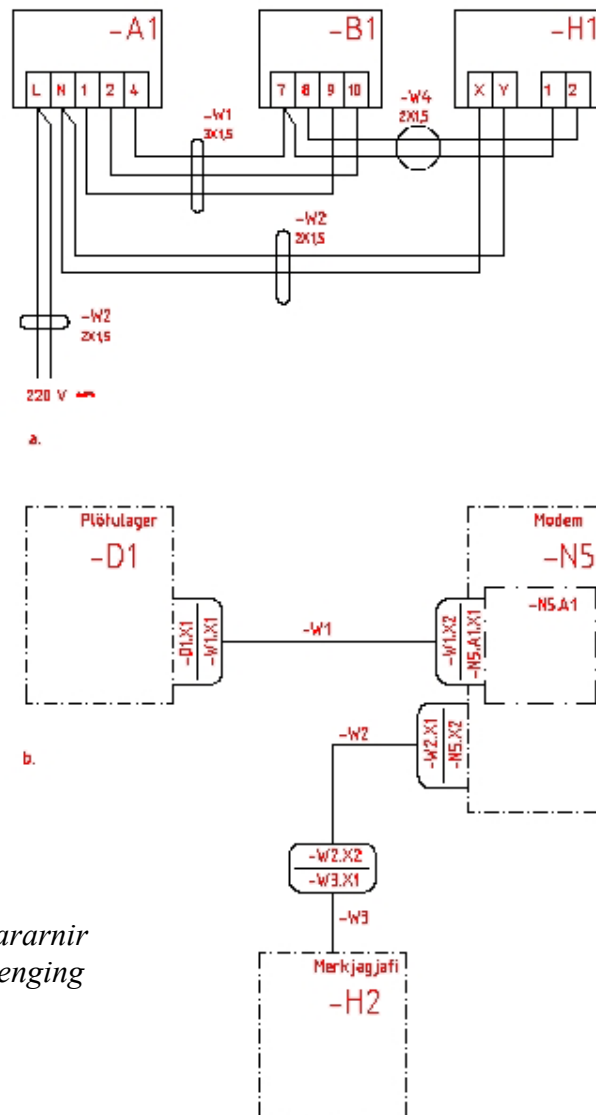
Ef nauðsynlegt reynist (t.d. við einlínuteikniáðferð), einkennist leiðari, annað hvort með merkingu hins raunverulega leiðara eða með kóða, sem svarar til merkingar eða litar, sem er

útskýrt á teikningunni. Þessu til viðbótar getur skjalið verið með upplýsingar um notkun leiðarans, þversnið, lengd, skermun, gerð o.s.frv.

Strengi má einkenna með því að merkja táknið (strikið) með framleiðanda, gerð ofl. CENELEC – samræmingarskrá HD 361: *Kerfi til að tákna strengi* inniheldur leiðarvísi fyrir slíkar merkingar.

Mynd 4.2 sýnir dæmi um ytri tengimyndir fyrir lítil og stór tæki.

Upplýsingarnar, sem eru gefnar í ytri tengimynd, má oft, með betri árangri, gefa í töflu, einkum ef ekki eru gerðar sérstaklegar kröfur til þess, hvernig rafleiðslurnar eru lagðar.



Mynd 4.2

Dæmi um ytri tengimyndir **a**. Tengileiðararnir eru sýndir hver fyrir sig **b**. Fjölleiðaratenging með fjöltengingu

Ytri tengitafla má byggja upp á tvo vegu:

1. Upplýsingarnar, sem varða allar tengingar til einnar ákveðinnar einingar, eru sýndar í töluröð hver á eftir annari í töflunni.
2. Upplýsingar, sem varða *eina tengingu* (rás), eru sýndar í töluröð.

Aðeins má nota aðra aðferðina í einu í sömu tengitöflu.

Það er einni hægt að setja viðbótarupplýsingar í töfluna, t.d. um hluta búnaðarins, (til)högun klemmanna, lagnir leiðaranna o.s.frv.

Eftirfarandi tafla svarar til ytri tengimyndarinnar, sem sýnd er í mynd 4.2.a.. Aðferð 2 er notuð við gerð töflunar.

Strengur	Kjarni	Frá		Til		Ath.
		Efni	Klemma	Efni	Klemma	
W1	1	-		A5	L	220 V
	2	-		A5	N	aðveita
W2	1	A5	L	H1	X	
	2	A5	N	H1	Y	
W3	1	A5	1	B1	9	
	2	A5	2	B1	10	
	3	A5	4	B1	7	
W4	1	B1	7	H1	1	skermaður
	2	B1	8	H1	2	leiðari

Nákvæm lýsing á reglunum fyrir ytri tengimyndir er að finna í *ÍST EN IEC 61082: Útfærsla á ytri tengimyndum og –töflum*.

4.3 Yfirlitstengimyndir

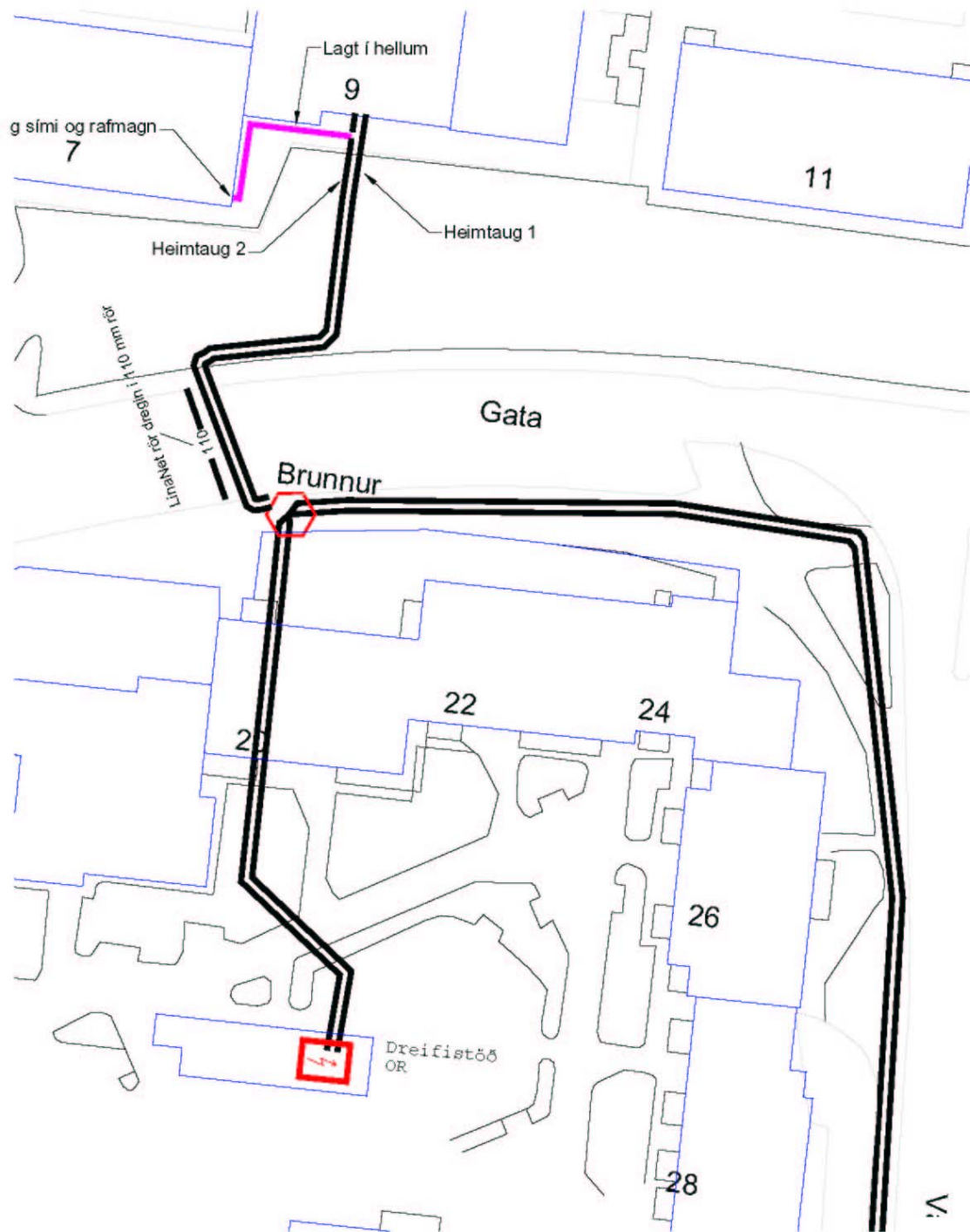
Yfirlitstengimynd er skjal, sem, á staðfræðilegan hátt, sýnir tengistaði og innbyrðis raftengingar virkis. Gerður er greinarmunur á eftirfarandi tegundum yfirlitstengimynda:

- Raflagnateikning
- Strenglagnateikning
- Leiðarateikning
- Prentplötuteikning

Yfirlitstengiteikningar eru notaðar sem grunnur við setningu nefndra hluta (raflagnir, strengjalagnir, leiðslulagnir o.s.frv.) eða við þjónustu og viðgerðir.

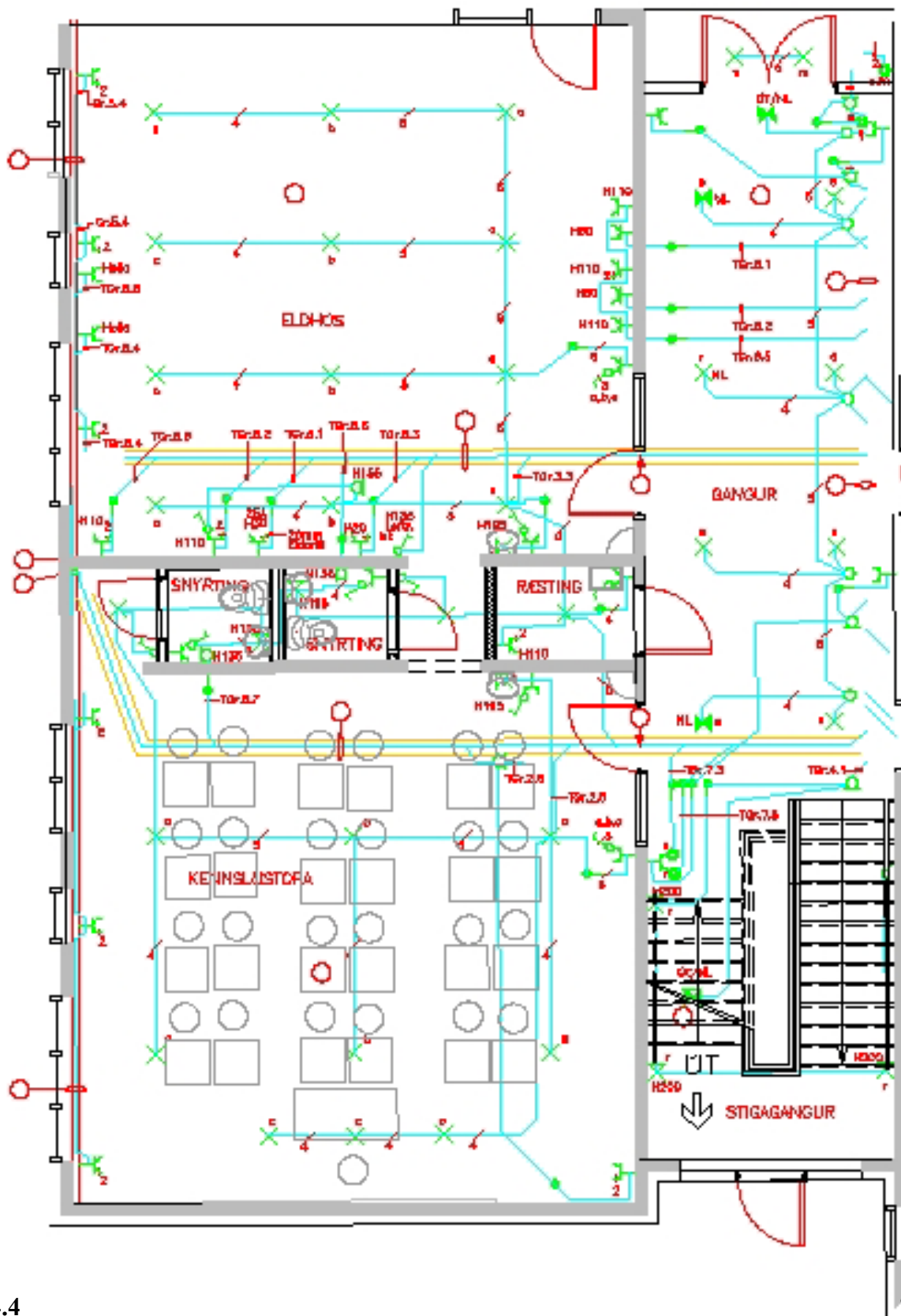
4.3.1 Raflagnateikning

Raflagnateikning er teikning af byggingu, farartæki eða svæði, þar sem rafmagnsvirki, virkishlutar og leiðslur með tilheyrandi nauðsynlegum upplýsingum, eru sýnd með táknum. Notuð eru tákn úr *ÍST EN IEC 60617-11 Tákn til staðfræðilegra nota (Raflagnateikningar, landakort o. s. frv.)*, sem nær yfir tákn fyrir raforkuvirki ásamt fjarskipta- og rafeindavirkjum. Lýsingar á utanhússvirkjum eru gefnar á landakortum (mynd 4.3) og á raflögnum með byggingarteikningum (mynd 4.4).



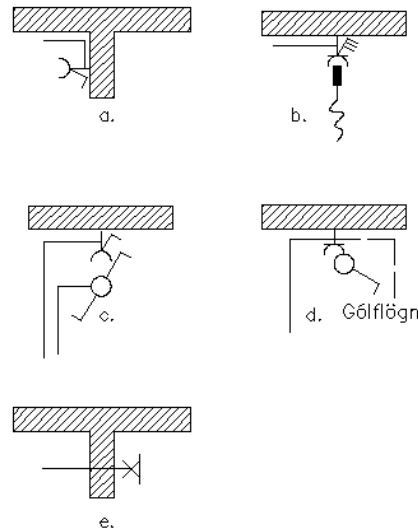
Mynd 4.3

Dæmi um landakort fyrirsameiginlegt raf- og boðskiptakerfi (Lína.net)



Mynd 4.4
 Dæmi um raflagnateikningu með samsettum
 táknum samkvæmti teiknivenju

Mynd 4.5 sýnir dæmi um leiðbeinandi tákni, sem byggjast á eða eru sett saman úr grunntáknum úr ÍST EN IEC 60617.



Mynd 4.5

Dæmi um samsett tákni á raflagnateikningum

a. Tengill með rofa á innvegg **b.** Tengill með verndarsnertu og þripóla rofa ásamt lausataug með kló

c. samrofi og tengill með rofa, sýndir með falinni lögn úr lofti og framhaldið í vegg.

Athugið: ihluturinn, sem sem sýndur er næst vegg, er settur ofar

d. Einpóla rofi og tengill með rofa settir hlið við hlið.

Falin lögn úr lofti og framhaldið í gólf

e. Tengistaður í lofti með gegnumgangandi leiðslu að tengistað á aðliggjandi vegg með sýndri hæð frá gólf.

4.3.2 Strenglagnateikning

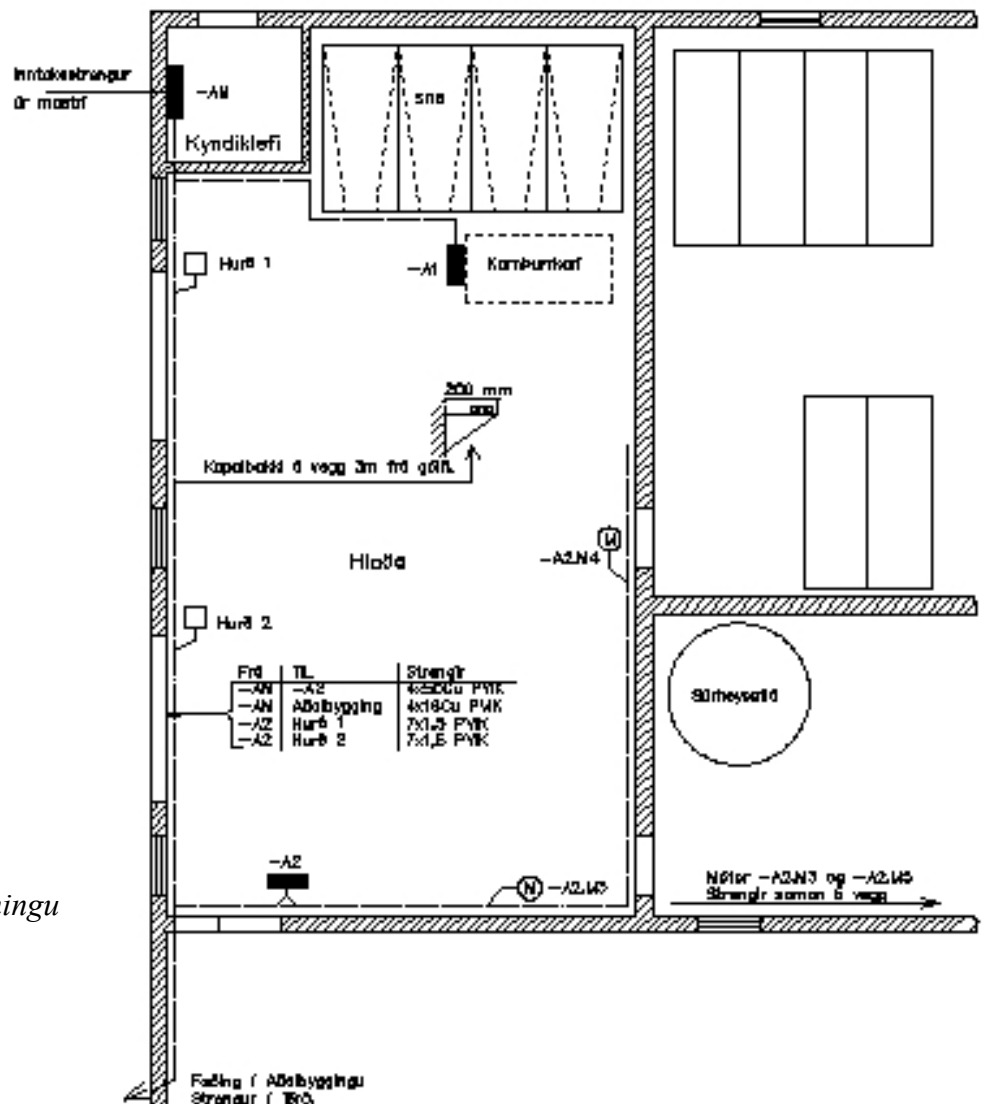
Strenglagnateikning sýnir strenglagninguna milli virkja eða virkjahluta með meiri eða minni nákvæmni. Notuð eru tákni úr ÍST EN IEC 60617-11. Mynd 4.6 sýnir dæmi um strenglagnateikningu í landbúnaðarbyggingu.

4.3.3 Leiðarateikning og prentplötuteikning

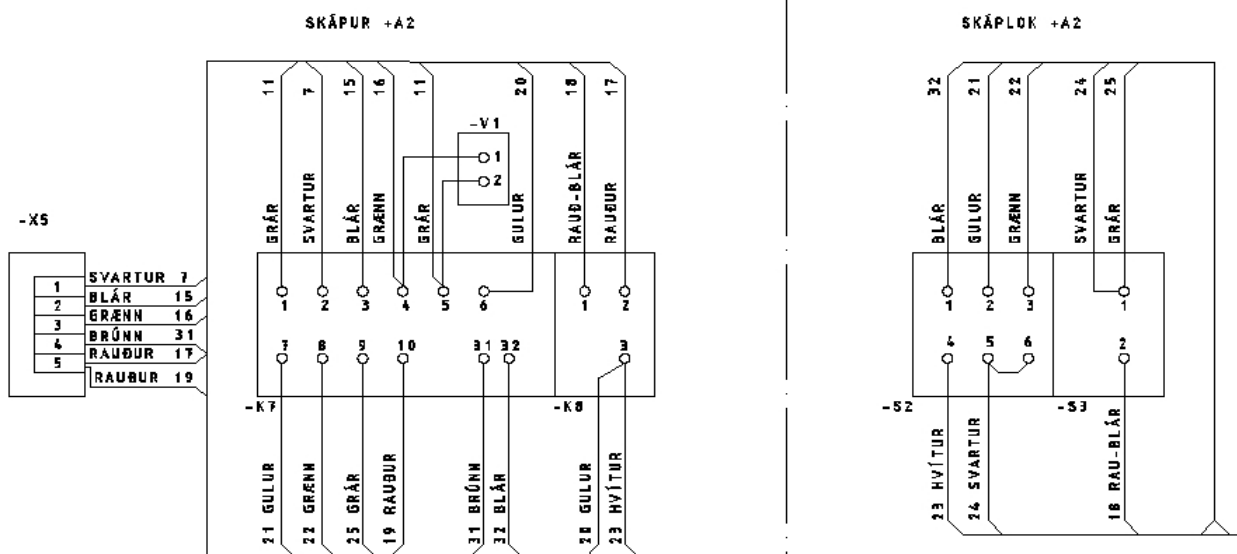
Leiðarateikning sýnir lagnir leiðara, þegar leiðaraknippi eru útbúin fyrirfram. Auk sjálfrar teikningarinnar, getur hún verið með upplýsingar um gerðir, stærðir, liti og merkingar leiðara. Tákni eru notuð úr (DS 5009.03, ÍST/IEC 60617-3) Leiðarar og tengihlutir, samkvæmt reglum, sem sýndar eru í kafla 4.1. Mynd 4.7 sýnir dæmi um leiðarateikningu yfir töflu.

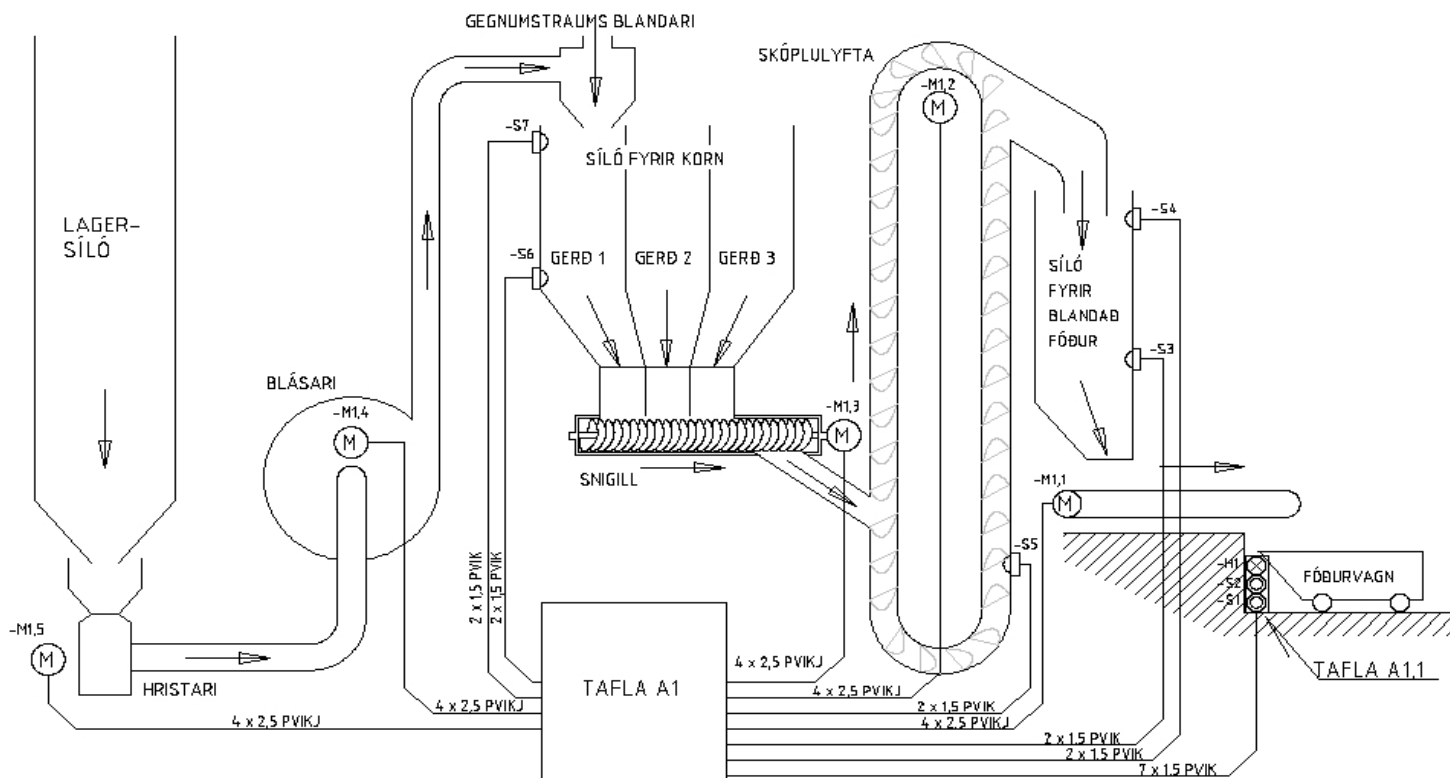
Prentplötuteikning sýnir leiðarabrautir og tengingar á prentplötu, þar sem afstaða er ekki sýnd. Það geta verið áritanir og þess háttar á teikningunni.

Mynd 4.6
Dæmi um strenglagnateikningu



Mynd 4.7
Dæmi um leiðarateikningu





Mynd 4.8

Dæmi um staðsetningarteikningu

4.4 Útlitsteikning og afstöðuteikning

Á þessum skjölum eru gefnir upp staðir búnaðar í virki. Einnig geta upplýsingar um uppsetninguna fylgt.

Á útlitsteikningu er sýnt staðarval taflna, véla o.fl., en afstöðuteikning fastsetur nánar stað hinna einstöku íhluta á notkunarstað.

Mynd 4.8 sýnir útlitsteikningu af fóðurlöndu.

4.5 Heiti og merkingar á vélum og neti

Við skráningu á vélum, lögnum og leiðurum eru notaðar staðlaðar merkingar fyrir klemmur o.fl., og einnig fyrir gerð lagnakerfisins, uppbyggingu þess og leiðara. Merkingarnar eru gerðar með viðbótartáknum, svo sem með áritunum og/eða viðbótartáknum.

4.5.1 Merking tengibretta á vélum

Í ÍST EN IEC 60034-8 eru sýndar staðalmerkingar á klemmum í rafmagnssnúðvélum.

Yfir *riðstraumsvélar* gildir eftirfarandi:

	Klemmumerking
3-fasa sáturvaf, einn hraði	U1 – U2 V1 – V2 W1 – W2
Stjörnupunktur	N
3-fasa sáturvaf, tveir hraðar	1U – 2U 1V – 2V 1W – 2W
3-fasa sleikihringjahreyfill	
Sáturvaf	U1 – U2 V1 – V2 W1 – W2
Snúðvaf	K, L, M,
Stjörnupunktur	Q
2-fasa sáturvaf	U1 – U2 V1 – V2
1-fasa sáturvaf	
Vinnuvaf	U1 – U2
Hjálparvaf	Z1 – Z2

Við *jafnstraumsvélar* gilda tilsvareandi reglur samkvæmt ÍST EN IEC 60034-8, en merking samkvæmt VDE 0570 er ennþá mjög útbreidd, og er því tekin með í töflunni fyrir neðan:

	Klemmumerking	
	ÍST EN IEC 60034-8	VDE 0570
Snúðvaf	A1 - A2	A – B
Skiptipólsvaf (2 klemmur)	B1 – B2	G – H
Skiptipólsvaf, tvískipt (4 klemmur)	1B1 – 1B2 2B1 – 2B2	GA – HA GB – HB
Jöfnunarvaf (2 klemmur)	C1 – C2	G – H
Jöfnunarvaf, tvískipt (4 klemmur)	1C1 – 1C2 2C1 – 2C2	GA – HA GB – HB
Raðvaf (2 klemmur)	D1 – D2	E – F
Raðvaf með tveimur úttökum (4 klemmur)	D1-D2-D3-D4	
Affallsvaf, sjálfsegulmagnað (2 klemmur)	E1 – E2	C – D
Affallsvaf, sérsegulmagnað (2 klemmur)	F1 – F2	I – K
Hjálparvaf í öxulátt	H1 – H2	
Hjálparvaf þvert á öxul	J1 – J2	

4.5.2 Merking kerfishluta

Merking tákna fyrir leiðara, leiðslur o.fl., með áritun er lýst í ÍST EN IEC 60617-2 (DS 5009.02), kafla 2: Tegund straums og spennu, og kafla 15: Jarð- og grindartengingar, jöfnunarspenna.

Þau mikilvægustu eru:

	Númer	Tákn
Jafnstraumur	02-02-03	-----
Jákvæður leiðari	02-02-13	L +
Neikvæður póll	02-02-14	L -
Miðleiðari (núll)	02-02-16	M
Riðstraumur	02-02-04	~
Fasaleiðari	02-02-DK-03	L1,L2,L3
Núllleiðari	02-02-15	N
Þrífasa riðstraumskerfi með núllleiðara, 50 Hz, 400/230 V	02-02-07	3/N ~ 400/230 V 50 Hz
Jörð, jarðtenging	02-15-01	E
Verndarjörð	02-15-03	PE
Suðlaus jörð	02-15-02	TE
Rammi, grind	02-15-04	MM
Spennujöfnun	02-15-05	CC

5. Rökrásastýringar

Undirstaðan fyrir rökréttri lausn á stýringarverkefni er greinargóð og skiljanleg lýsing. Þörfin fyrir þetta eykst, þegar stýringin snýst um mjög flóknar vélar og virki, þar sem nota á vélræna og rafræna íhluti og kerfishluta, (hlutakerfi). Lýsingin verður að geta lýst starfsemi stýringarinnar án þess að ákveða með hvaða tækjum hún næst. Í flestum tilfellum mun verða hægt, í meginatriðum, að leysa sama verkefni jafn vel af höndum (virknilega séð) með vökva-, þrýsti-, raf- og/eða rafeindaíhlutum eða með mismunandi samsetningum þeirra. Það eru því byggingatæknilegir og peningalegir þættir og þarfir notenda, sem koma til með að ráða vali á stýrikerfi.

Lýsingin þarf að uppfylla eftirfarandi kröfur:

- Allir aðilar, sem taka þátt í lausn stýriverkefnisins, verða að skilja hana. Það á t.d. við um verkkaupa, birgja, tæknimenn, sem hanna, framkvæma og starfrækja, án tillits til sérgreinar, vélstjórar o.s.frv.
- Öllum þáttum stýringarinnar verður að vera hægt að lýsa með einföldum teiknitáknum.
- Sama lýsingarform verður að nota, bæði við yfirlits- og nákvæmnislýsingar.

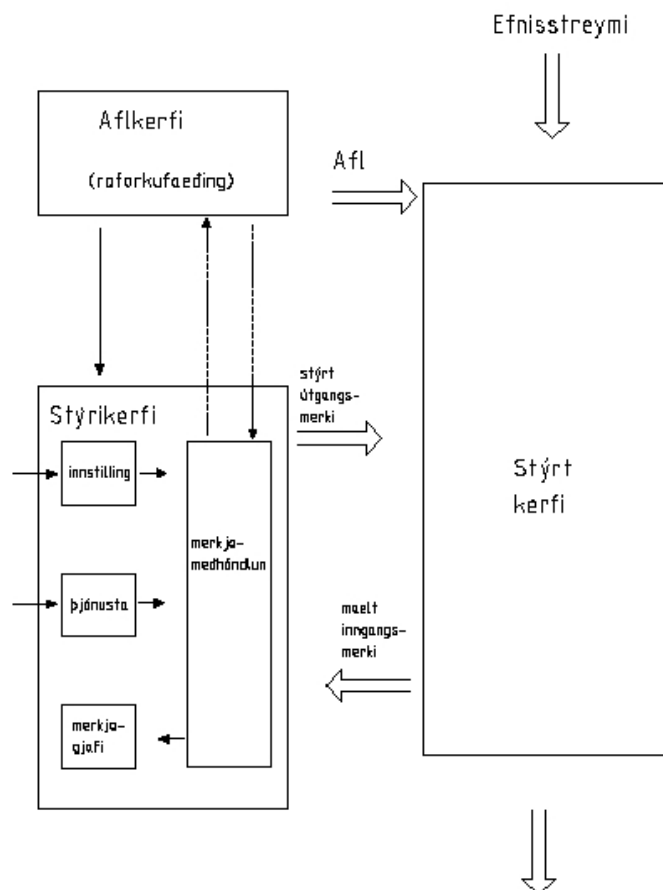
Í lýsingunni verður að greina á milli *stýrikerfis* og *stýrðs kerfis*. Virkið, sem stýra á, verður fyrir áhrifum af stýrikerfinu á réttan hátt.

Óháð því, hve einfalt eða flókið virkið – og þar með stýrikerfið – er, má nota yfirlitsteikninguna, sem sýnd er í mynd 5.1. Virkið (stýrða kerfið) getur t.d. verið hreyfill, sem er ræstur og stöðvaður handvirkt, ásamt því að frátengjast sjálfvirkt við yfirálag. Stýrikerfið er hér hreyfilvernd.

Meðal flókinna verkefna getur t.d. verið ferli til að framleiða pappír. Stýrða kerfið er hér samsett af fjölda hraðastýrðra hreyfla, lokum fyrir vatn og aðra vökva, varmagjöfum, færíböndum o.s.frv. Auk þessa verður að vera fjöldi skynjara, sem geta mælt mikilvægar stærðir í ferlinu, svo sem hraða, hitastig, vatnsmagn o.s.frv. og breytt þessum stærðum í merki, sem stýrikerfið getur unnið úr. Eftir að úrvinnsla merkjanna hefur farið fram, gefur stýrikerfið merki til ferlisins, svo sem ræsingu og stöðvun hreyfla eða breytingu á hraða þeirra, tengingu og frátengingu hitagjafa, opnun og lokun loka o.s.frv. Til þess að ferlið gangi samkvæmt óskum, verður stýrikerfið að „vita“ hvernig hinar mikilvægu stærðir eiga að haga sér innbyrðis innan vissra marka. Þessar leiðbeiningar kallast kennistærðir, og þær verður að stilla fyrirfram.

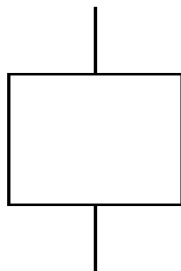
5.1 Flæðirit

Til notkunar við hugleiðingar(vangaveltur) og ákvarðanir (skipulagningu) um rökrænt flæði stýringar ásamt seinni skráningu í mynd yfirlits og yfirsýnar, er oft notuð sérstök tegund skýringarmynda, sem kallaðar eru flæðirit. Aðferðin var fyrst notuð innan tölvutækninnar, þar sem þörfin fyrir einhlíta og yfirlitsgóða verkefnaframsetningu er augljós. Táknnum, sem henta þessum markmiðum, er lýst í DS 2090:1970. Staðallinn inniheldur nákvæma lýsingu á aðferðinni, og er með mörg dæmi um notkun. Hluti táknanna er sýndur hér til að lýsa ferlisstýringum almennt, þar sem merkingu táknanna er, í ákveðnum tilfellum, breytt þannig, að þau henti til að lýsa ástandi og ferlum í hlutlægum kerfum.



Mynd 5.1
Dæmigerð forvinnsla á verki fyrir gerð flæðimynda

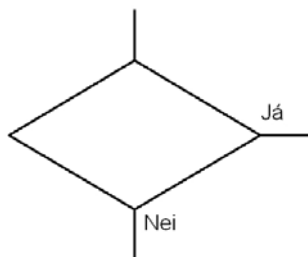
1. Ferli



Almennt tákni, sem nota má alls staðar, þar sem lýsa skal stýriaðgerð, tengingu, hlutaferli eða heildarferli.

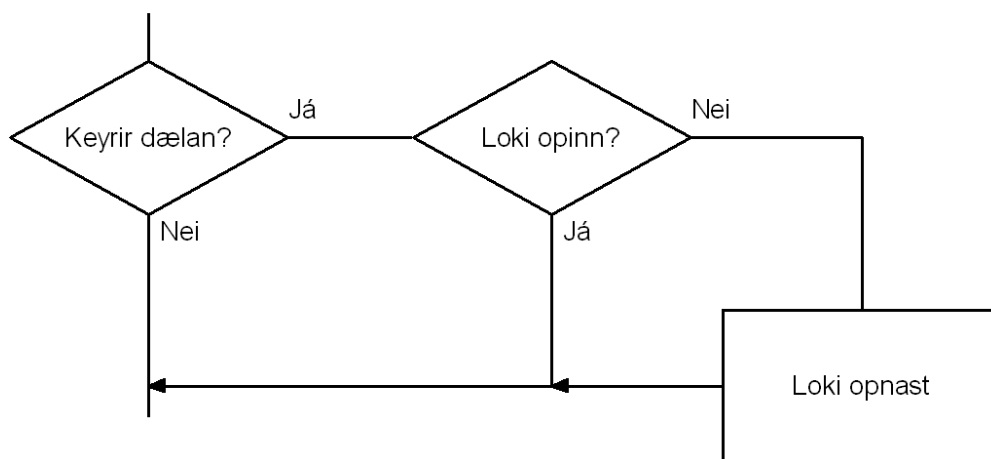
Viðeigandi texti í tákniinu veitir nauðsynlegar upplýsingar.

2. Greining



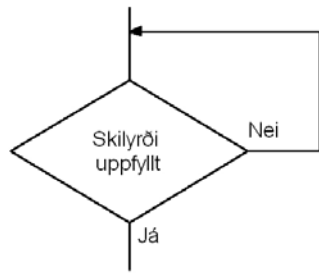
Táknið er notað, þar sem viðbótar merkjaleið er háð því, að viss skilyrði séu uppfyllt, venjulega í mynd tveggja (eða þriggja) kosta eða viðburða.

Dæmi:



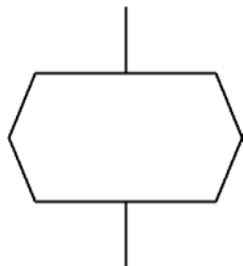
Þegar dæla gengur, opnast loki, ef hann er lokaður.

Sérstakt tilfelli er stöðvunarstaðan, þar sem framhald ferlisins er ákveðið af, hvort skilyrði er uppfyllt. Vanda skal til uppbyggingunnar, þar sem hún getur stöðvað ferlið, í versta tilfelli, án þess að viðvörðun berist, og ferlið komist í gang aftur.



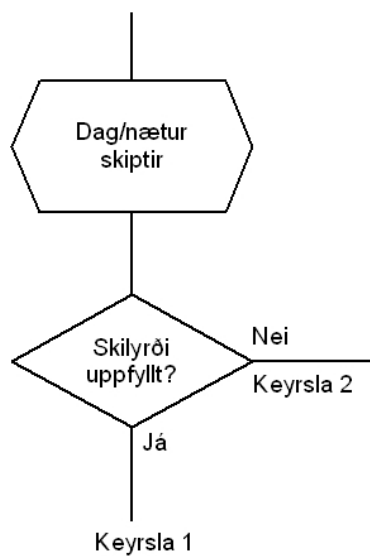
Ef maður byggir stýrikerfi sitt upp á þann hátt, að viðkomandi skilyrði geti ekki uppfyllt, við ákveðnar rekstraraðstæður, stöðvast ferlið varanlega í fyrsta sinn, sem þær aðstæður koma upp.

3. Ummyndun

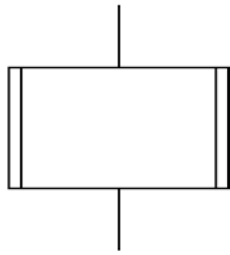


Táknið er notað, þegar óskað er eftir lýsingu á getu til að breyta rekstri kerfisins, t.d., dag/nætur skipting.

Dæmi:

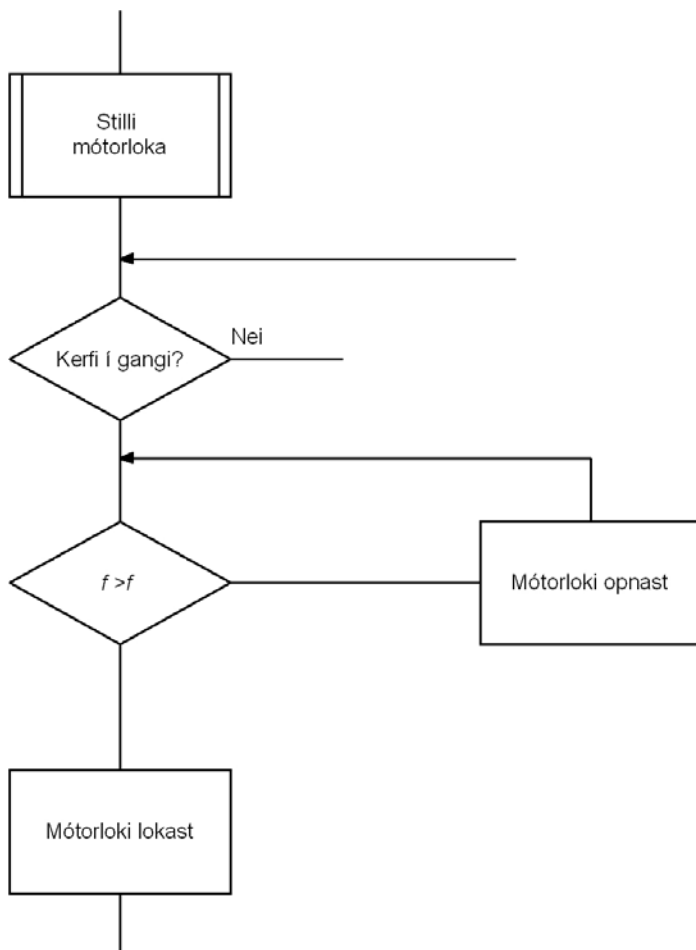


4. Ferli, sem er ákveðið annars staðar

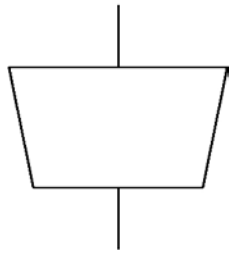


Táknið lýsir nefndu ferli, sem samanstendur af einni eða fleiri vinnslum, sem eru ákveðnar annars staðar. Þetta er notað, þar sem hlutaferli kemur fyrir á fleir en einum stað í kerfinu. Hlutaferlið getur skráðst sér með tilvísun til þess í aðalmyndinni.

Dæmi:

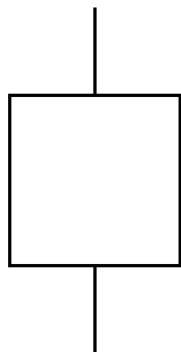


5. Handstýrt ferli



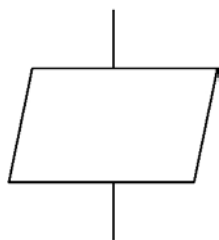
Notast, þar sem þess er sérstaklega er óskað að lýsa því, að um sé að ræða handstýrt ferli í mynd aðgerða, sem ekki framkvæmast að stýrikerfinu.

6. Hjálparferli



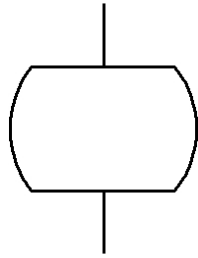
Notast, þar sem þess er óskað að lýsa ferli, sem er hluti af stýrikerfinu, en stýrist ekki beint af því, t.d., sérstakt kælikerfi.

7. Inn/útgangandi merki



Notast til að lýsa upplýsingum frá ferlinu, t.d., merki frá hitaskynjara, eða upplýsingum til ferlisins, t.d., merki til að ræsa hreyfil.

8. Skráning



Táknið lýsir skráningu á eðlisstærðum, svo sem stöðuga skráningu á hitastigi með ákveðnum tímabilum.

9. Tengistaður

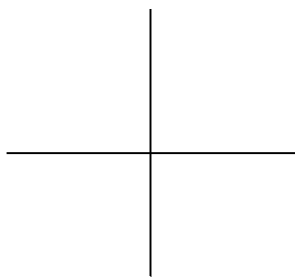


Táknið sýnir stað í ferlismyndinni, sem getur táknað ræsingu, stöðvun, lok, seinkun eða rof. Viðeigandi texta má setja í táknið.

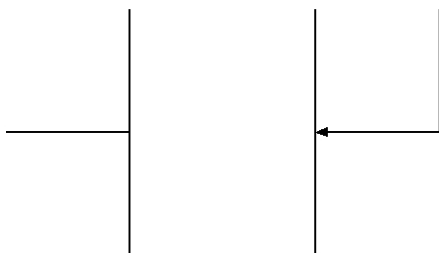
10. Tengilína merkja



Þverun án tengingar

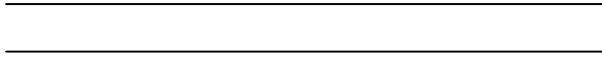


Safn



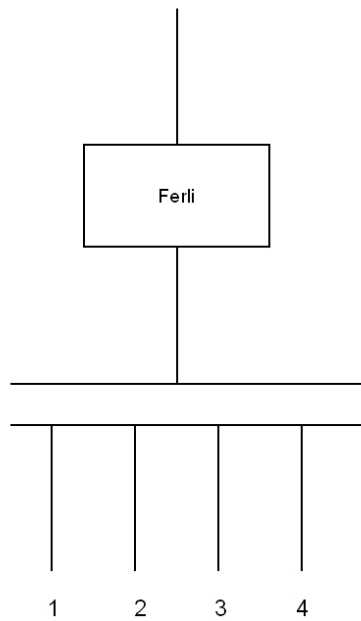
Myndirnar teiknast helst þannig, að merkjafærslan sé niður og vinstri til hægri. Frávik merkjast með örum, en þær á þó alltaf að nota til að forðast misskilning.

11. Samsíða teikning

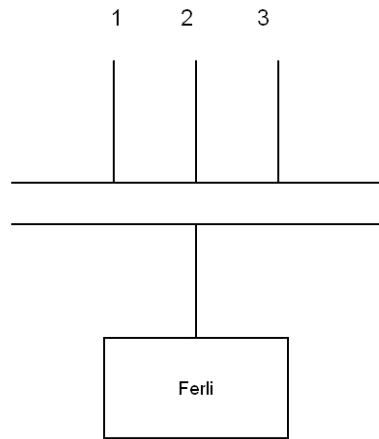


Lýsir byrjun eða lokum tveggja eða fleiri samtíma verkhluta.

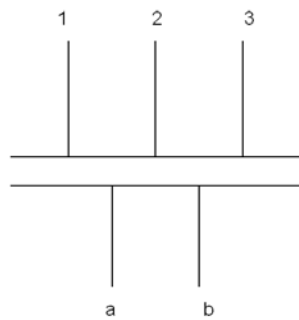
Dæmi:



Þegar ferlinu er lokið, ræsast verkhlutar 1, 2, 3 og 4 samtímis.



Þegar verkhlutum 1, 2 og 3 er öllum lokið, ræsast ferlið.



Þegar verkhlutum 1, 2 og 3 er öllum lokið, ræsast verkhlutarnir a og b samtímis.

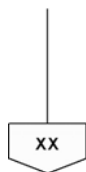
12. Tengiliðir

Á sömu myndsiðu:



Notast vegna greinilegra yfirlits sem útgangur – eða inngangur – frá öðrum hluta myndarinnar. xx gefur viðkomandi kenni.

Til/frá annari myndsiðu:

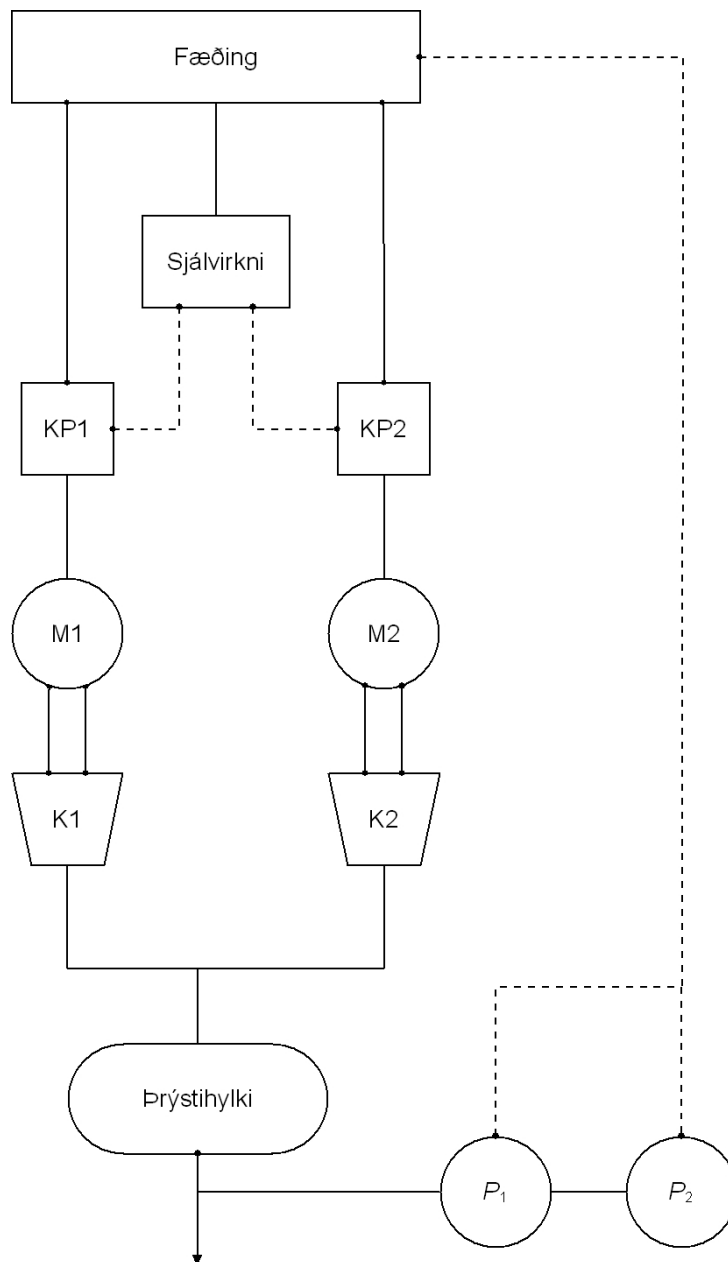


Notast, þegar myndin heldur áfram á annarri myndsiðu.

Sem lýsingu á notkun tákanna í aðeins stærra samhengi er í mynd 4.2 sýnd yfirlitsmynd yfir þrýstiloftskerfi, sem samanstendur af tveimur loftþjöppum (KP 1 og KP 2), þrýstiloftsgeymi með tveimur þrýstiskynjurum, sem eru stilltir á þrýsting p_1 og p_2 ($p_1 < p_2$).

Eftirfarandi rekstrarskilyrði eru sett upp:

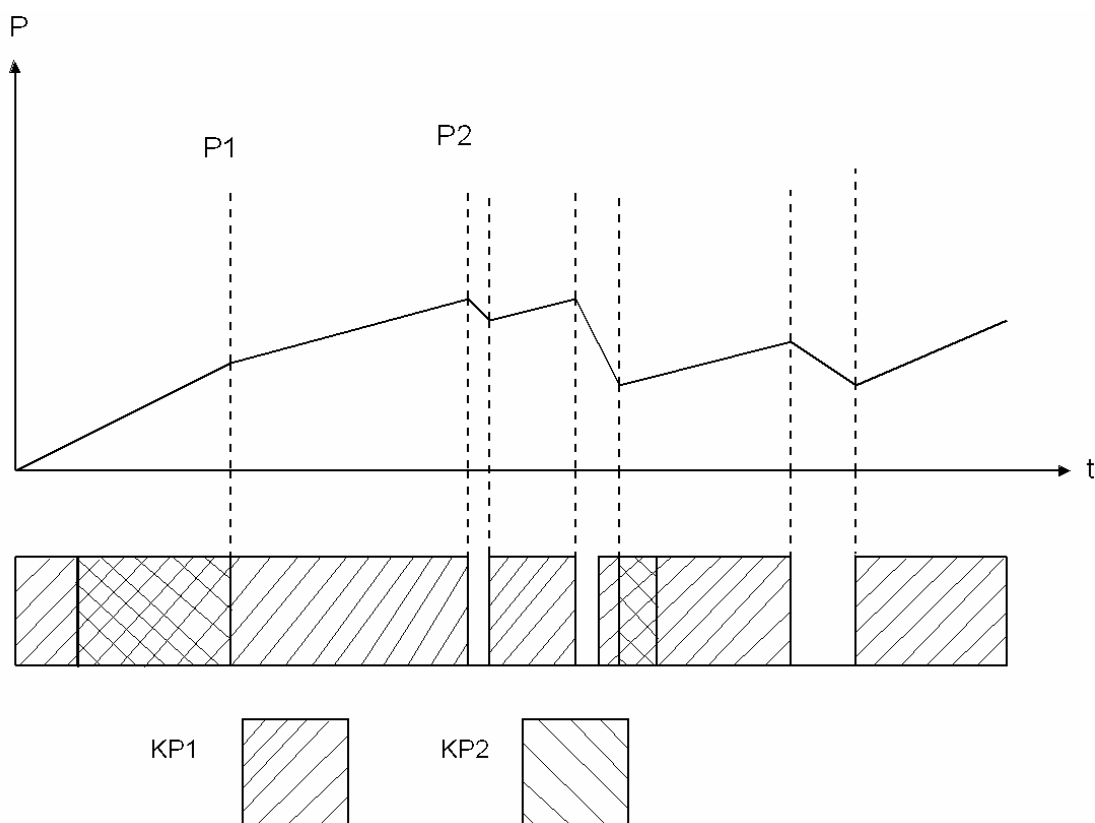
1. Ræsing við gangsetningu. M1 ræsist strax, M2 ræsist eftir tímann t_1 .
2. Þegar þrýstingurinn er kominn í $P = p_1$, stansar M2.
3. Þegar þrýstingurinn er kominn í $P = p_2$, stansar M1.



Mynd 5.2
Yfirlitsmynd yfir þrýstiloftskerfi

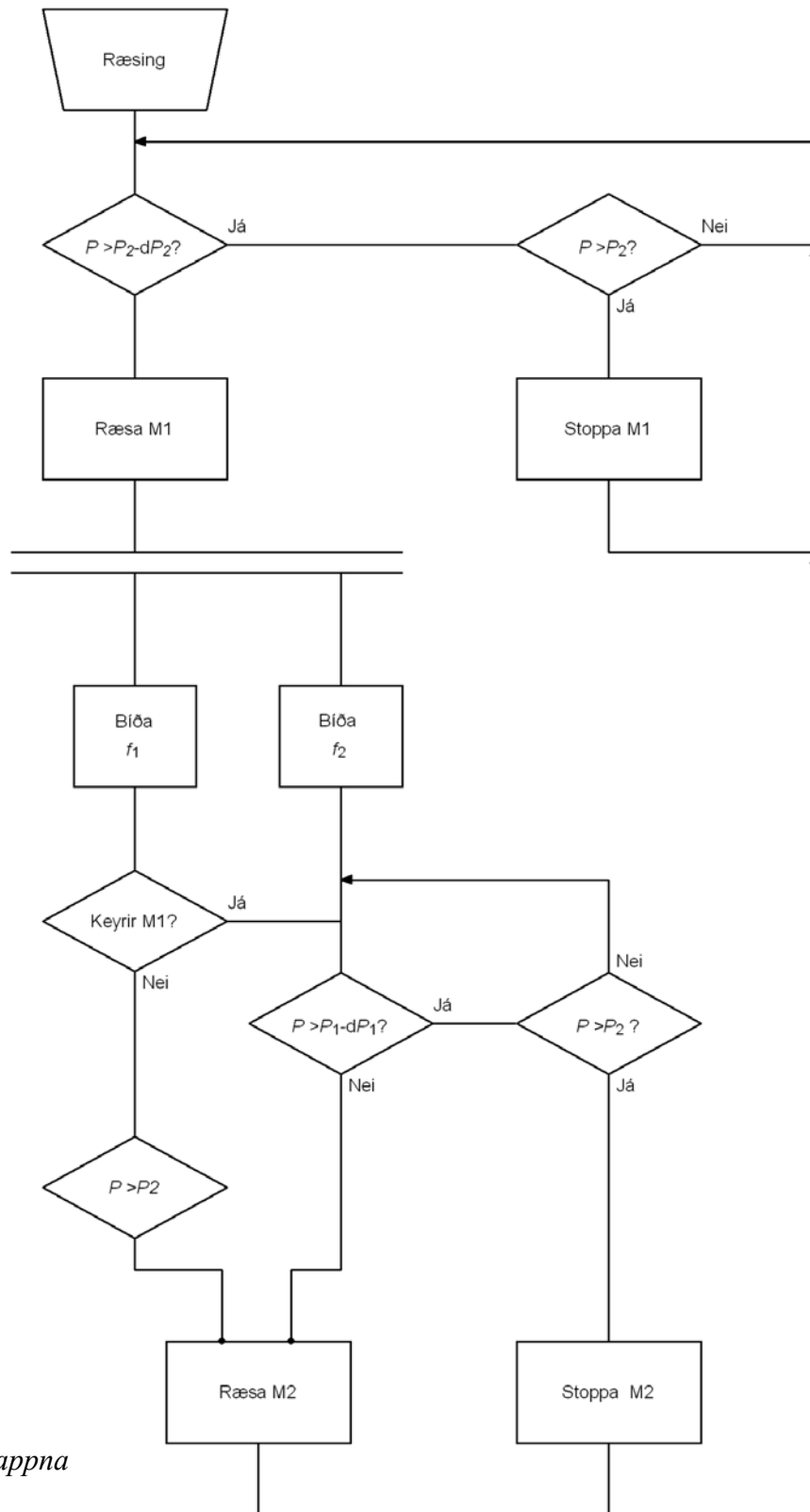
4. Ef þrýstingurinn fellur um mismuninn delta P_2 niður fyrir p_2 , ræsist M1. Ef notkunin er svo mikil, að þrýstingurinn falli um mismuninn delta P_1 niður fyrir p_1 , ræsist M2, en þó ekki fyrr en tímanum t_1 seinna en M1. Síðan er framkvæmdin endurtekin frá punkti 2.
5. Ef þrýstingurinn fellur delta P_2 niður fyrir p_2 , án þess að M1 ræsist (bilun eða annað), á M2 að ræsast tímanum t_2 seinna.

Á mynd 5.3 er vinna hinna einstöku hluta sýnd í tímaraðarriti sem fall af þrýstinginum P við venjulegan rekstur.



Mynd 5.3
Tímaraðarrit yfir tvær lofþjöppur

Mynd 5.4 sýnir flæðirit, þegar hinum lýstu rekstraraðstæðum er lokið. Á grunni flæðiritsins má byggja upp stýringu, sjá 5.3.



Mynd 5.4
Flæðirit yfir rekstur loftþjappna

5.2 Sannleikstöflur

Sannleikstafla er skjal, sem með aðstoð tákna - oft í mynd röksamstæðna – lýsir *breytiferli*, þ.e. tengingunni milli inn- og útgangsmarkja í stýrikerfi.

Fyrir sérhverja röksamstæðu er einhlít skilgreining á saamhengi milli inn- og útgangsmarkis þessarar röksamstæðu. Með markvissriri röðun röksamstæðna er stöðu markja og leiðum markja fyrir alla stýringuna lýst eða e.t.v. hluta þeirra, sem eru starfsheild.

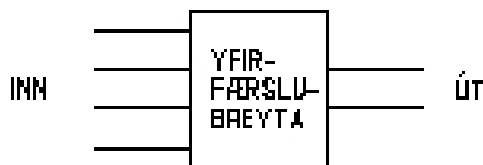
Í meginatriðum á sannleikstafla að byggjast upp þannig, að það sé ekki aðeins hönnuðurinn, sem hefur yfirlit yfir breyti(færslu)ferilinn, heldur einnig síðari notendur kerfisins, t.d. í sambandi við þjónustu eða viðgerðir. Það er því mikilvægt, að til sé skýr skilgreining á einstökum aðgerðasamstæðum, tímarásunum, geymslum o.s. frv., og að uppbygging töflunnar sé greinileg.

Leggja skal áherslu á, að rafkerfi eða rafeind kerfi eru ekki sérstaklega höfð í huga við uppsetningu á rökrásunum, klukkum og minnisgeymslum. Almennt má segja, að kerfi, sem byggjast á röð stýrimarkja og útgangsmarkja, sem geta unnið með tvær rökstöður, eru vel hæf til lýsingar í röktöflum. Smám saman eru rafeindar rökrásir þó í yfirgnæfandi fjölda tilfella notaðar í stýringum, þessar nýttísku rökstýringar, sem nota rökrásir má lýsa með sannleikstöflum með táknum, sem vísa beint til tilsvareandi rökferilssamstæðna (-reita).

5.2.1 Ferilsamstæður (aðgerðareitir)

Með þessu er átt við rökrásir í mynd rökreita, tímaseinkunarrása (klukkna) og minnisgeymslna, sem eru einföldustu og mest notuðu rásir úr mjög stórum hópi íhluta, sem einu nafni nefnast *tvíundar rökrásir*, og til þeirra heyra m.a. teljarar, skiptiráð, fjölrásarar, kóðabreytar og reiknieiningar.

Rökreitir metur sannleiksgildi eins eða fleiri inngangsmarkja og myndar eitt eða fleiri útgangsmarki í samræmi við breyti(færslu)feril reitsins:



Til að lýsa breyti(færslu)ferlinum er notuð *sannleikstafla*, sem er byggð upp þannig, að inngangsgildin eru vinstra megin í dálkafjölda, sem svarar til fjölda innganga. Afleiddu útgangsgildin eru sýnd í hægri dálki.

Mismunandi reglur eru notaðar fyrir hið rökræna samband milli inn- og útgangsmarkjanna. Mest notaða aðferðin er hin *einfalda rökræna regla*:

Fyrst verður að skilgreina *stöðu(styrk) merkisins* með áritun H og L, sem merkir há- og lágstyrk. Háð hinum notaða búnaði, getur þetta t.d. merkt 5 V og 0 V, 20 mA og 4 mA eða önnur vel aðgreind gildi, sem hægt er að mæla (skrá).

Því næst er *merkisheiti* skilgreint, sem er (full-)yrðing, sem er annað hvort sönn eða röng. Sannleiksgildi fullyrðingarinnar er táknað með tölunum 1 og 0, þar sem;

Satt svarar alltaf til *rökræns ástands 1*

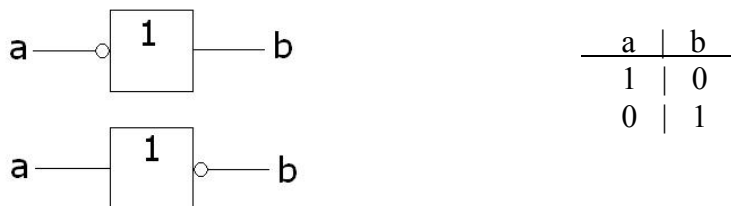
Rangt svarar alltaf til *rökræns ástands 0*

Við blöndun á merkisstyrk og merkisheiti, samkvæmt hinni einföldu rökrænu reglu, má annað hvort nota jákvæða eða neikvæða rökræna reglu, sem ákvarðar hlutfallið milli hins rökræna ástands og hins rökræna styrks(stöðu?) við alla innganga og útganga. Þegar hin jákvæða rökfræði er notuð, svarar satt alltaf til hins rökræna H-styrks, og þegar hin neikvæða rökræna regla er notuð, svarar satt alltaf til hins rökræna L-styrks:

Einföld rökræn regla	Rökrænn styrkur	Rökrænt ástand	Rökræn fullyrðing	Heiti merkis
jákvæð	H	1	sönn	KT
	L	0	röng	\overline{KT}
neikvæð	H	0	röng	\overline{KT}
	L	1	sönn	KT

Í töflunni er notað merkisheitið \overline{KT} , sem t.d. getur merkt snertu. \overline{KT} merkir, að snertan sé örvuð, og KT , að snertan sé ekki örvuð. Neitandi(andhverfu) fullyrðinguna má einnig rita $\overline{KT-N}$.

Inngangur eða útgangur geta verið *neikvæðir (andhverfir)*, þ.e.a.s., að innra sannleiksgildi merkisins í rásinni er andhverft sannleiksgildi inngangsmerkis. Neitunin(andhverfan) er sýnd með o:



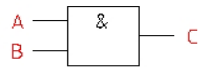
Í eftirfarandi dæmum eru sýndir 2 inngangar rökreita, en í meginatriðum geta þeir verið margir. Þegar um er að ræða OG-föll, verða allir inngangar að vera í sömu innri rökstöðu til að koma á æsktu útgangsmerki. Þegar um EÐA-föll er að ræða, á að minnsta kosti 1 inngangur að vera í gefnu innra ástandi til að gefa æskt útgangsmerki.

Hér á eftir eru sýnd nokkur af mest notuðu rökreitunum með tilsvareandi sannleikstöflum. Það sést, að sannleikstaflan er óháð því, hvort notuð er jákvæð eða neikvæð rökræn regla.

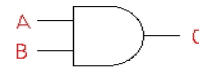
Enska tákn reitsins er gefið í sviga, þar sem það er oft notað.

OG – fall (AND)

OG- fall
(and)



A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

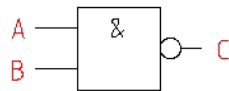


$$C = A \times B$$

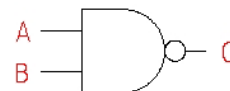
Til að sýna merkingu jákvæðrar og neikvæðrar rökrænnar reglu eru hér einnig teknar með myndir af eftirfarandi rökrænum stöðum.

NOG- fall (NAND)

NOG- fall
(Nand)



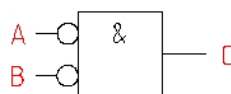
A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



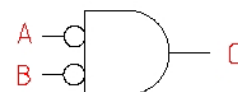
$$C = \overline{A \times B}$$

OG- fall með andhverfðum inngöngum

NOG- fall
(Nand)



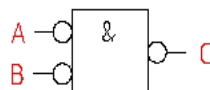
A	B	C
1	1	0
0	1	0
1	0	0
0	0	1



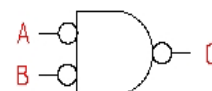
$$\bar{C} = A \times B$$

OG- fall með andhverfðum inngöngum og andhverfðum útgangi

NOG- fall
(Nand)



A	B	C
1	1	1
0	1	1
1	0	1
0	0	0

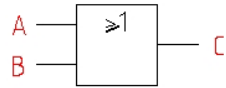


$$\bar{C} = \overline{A \times B}$$

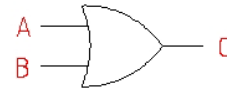
EDA-rás

EDA- fall (OR)

EDA- fall
(or)



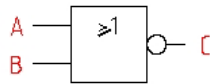
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



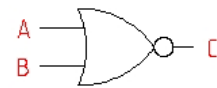
$$C = A + B$$

N-EDA- fall (NOR)

NEDA- fall
(Nor)



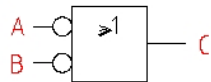
A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



$$C = \overline{A + B}$$

EDA- fall með andhverfðum inngöngum

EDA- fall
(or)



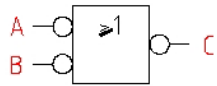
A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



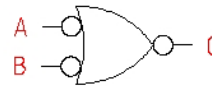
$$\bar{C} = A + B$$

EÐA- fall með andhverfðum inngöngum og andhverfðum útgangi

EÐA- fall
(or)



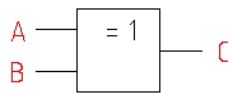
A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



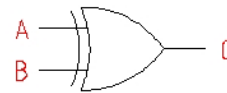
$$\bar{C} = \overline{A + B}$$

AÐEINS-EÐA- fall (Ójafngildis- hlið)

AÐEINS-EÐA- fall
(EXor)



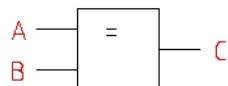
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



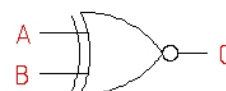
$$C = IA - BI$$

AÐEINS- NEÐA- fall (Jafngildis-hlið)

EKKI-AÐEINS-EÐA- fall
(EXnor)



A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

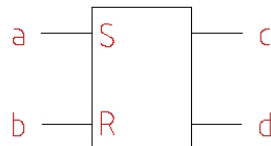


$$\bar{C} = IA - BI$$

Tvístöðugar einingar (vippurás eða Flip-Flop)

Vippurás hefur 2 innganga og tvo útganga. Útgangamerkin eru alltaf andstæð, og staða þeirra skiptir, þegar báðir inngangar fara í rökrænt 1- ástand

FLIP-FLOP



Ytri rökstöður

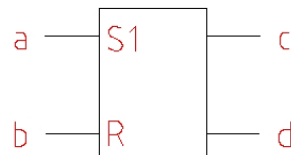
a	b	c	d
0	0	óbreytt	
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	óskilgreint	

S stendur fyrir STILLA (set), R stendur fyrir NÚLLSTILLA (reset).

Aðgerð vippu (tvístöðugar einingar) getur verið háð röð inngangsmerkjana:

STILLA-fylgni

FLIP-FLOP
INNSTALLINGARHÁÐ



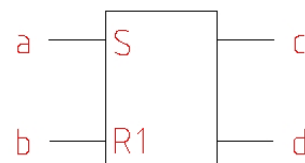
Ytri rökstöður

a	b	c	d
0	0	óbreytt	
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

Útgangamerkin skiftast aðeins, ef inngangur a er áður í rökstöðu 1.

NÚLLSTILLA-fylgni

FLIP-FLOP
NÚLLSTILLINGARHÁÐ



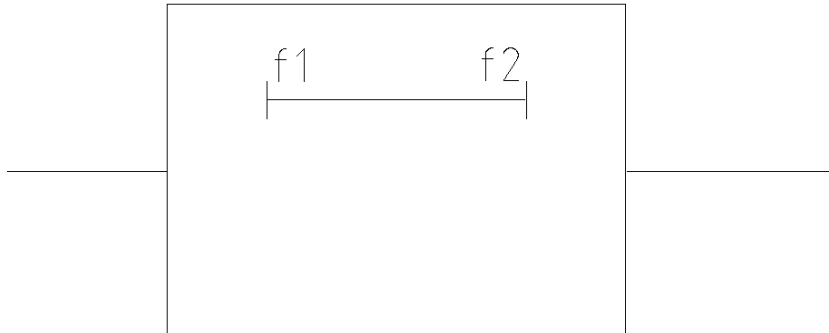
Ytri rökstöður

a	b	c	d
0	0	óbreytt	
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Útgangamerkin skiptast aðeins, ef inngangur b er áður í rökstöðu 1.

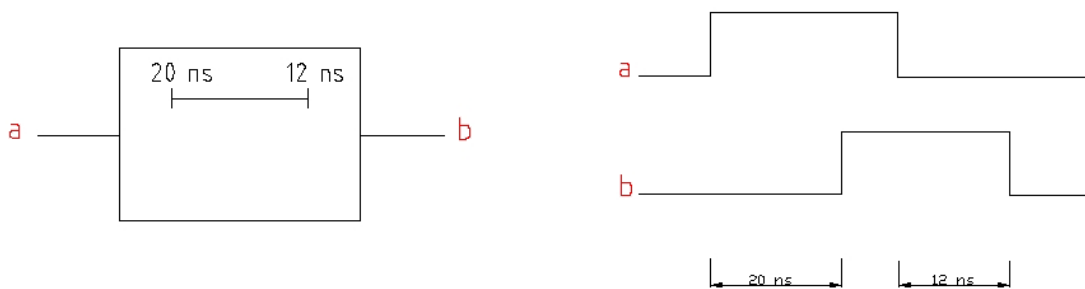
Tímaháðir færsluferlar

SEINKA-reitur

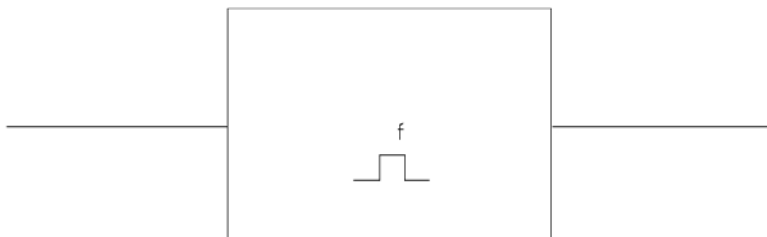


Breytingin frá 0-stöðu í 1-stöðu á útganginum verður með seinkuninni t_1 í samræmi við sömu breytingu á innganginum.
Breytingin frá 1-stöðu í 0-stöðu á útganginum verður með seinkuninni t_2 í samræmi við sömu breytingu á innganginum.

Dæmi:

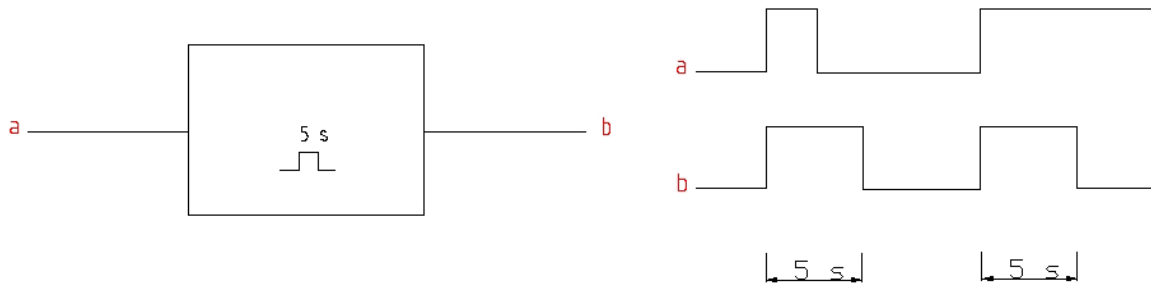


Einstöðug vipa (kipfall)



Útgangurinn breytist, eða verður áfram í 1-stöðu sinni, í hvert sinn sem inngangurinn breytist í 1-stöðu sína. Útgangurinn fer aftur í 0-stöðu eftir tímann t . Tíminn hefst við síðustu breytingu inngangsmerkisins í 1-stöðuna.

Dæmi:



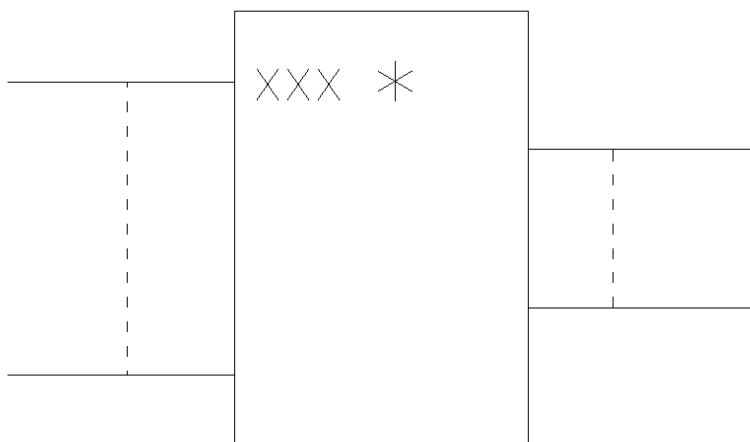
Minniseiningar (-reitir)

Minnisreitir rúmar mikinn fjölda hólfa (vist), sem sérhvert er með ákveðinn fjölda bita í mynd vippurásar, sem getur haft gildið 1 eða 0. Upplýsingainnihaldið í hólfi er þannig 2^n gildi, þar sem n er fjöldi bita, t.d. getur 4 bita vistfang lýst hinum 16 mismunandi tölustöfum, sem einkennir sextántölukerfið.

Til ákvörðunar á, hvaða hólfa á að nota, er notaður vistfangakóði, t.d. er krafist 10 innganga fyrir minnisreit með 1 k (=1024) vistföng, þar sem $2^{10} = 1024$, sem er blöndunarfjöldinn fyrir 10 tvíundar innganga. Inngangurinn getur, auk þessa, náð yfir mismunandi stýri-, skipunar-(boð-) og leysimerki.

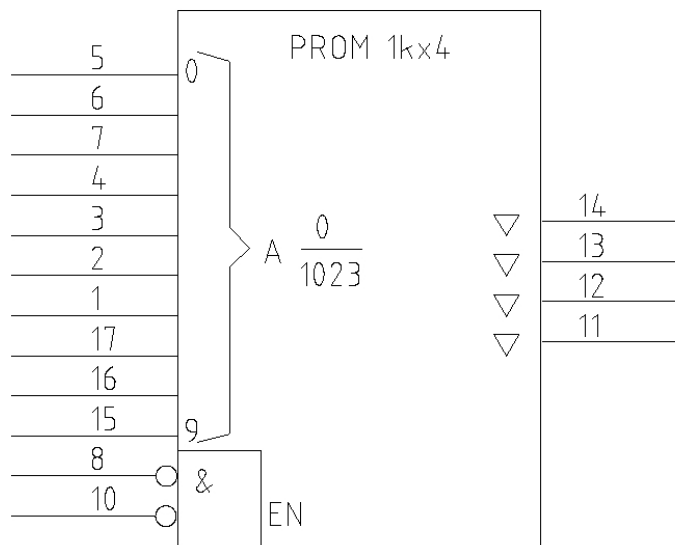
Á útganginn koma merki, sem lýsa innihaldinu í vistfangi á tvíundarformi. Fyrir 4-bitu vistfang þarf þannig minnst 4 útganga.

Venjulegt tákni:



xxx táknar nafn minnisreitsins (RAM, PROM o.s.frv.) * stendur fyrir fjölda vistfanga, t.d. 1 kx8, sem merkir 1024 vistföng með 8 bita.

Dæmi:



Minnisreiturinn er PROM (Programmable Read Only Memory) = forritanlegt lesminni, sem inniheldur merki í bitum sínum, sem er lýst í eitt skipti fyrir öll. Inngangarnir, sem eru merktir A, eru vistfangsinngangarnir, sem vísa á hið umbeðna vistfang. Inngangarnir, sem eru merktir 8 og 10 (ENABLE), koma sjálfri lestrinum í gang, þegar forsendurnar eru fyrir hendi.

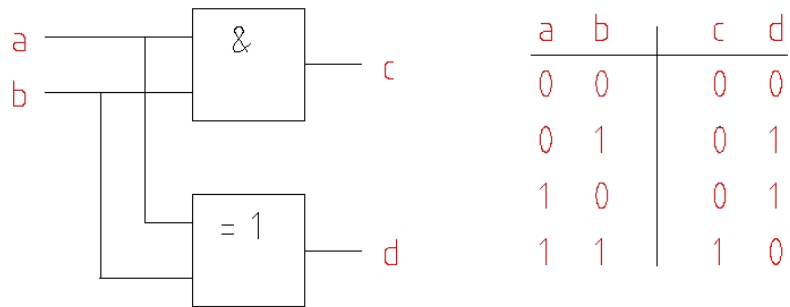
Útgangarnir, sem eru merktir 11 – 14, lesa út upplýsingainnihaldið úr viðkomandi vistfangi. Þríhyrningstáknið gefur til kynna, að um sé að ræða þriggjustiga-inngang, sem auk hinna venjulegu rökrænu 1- og 0-staðna, geta axlað þriðja ytra há-samviðnámsástand, sem ekki hafa neina rökræna merkingu (eins konar hlutlaust ástand). Með þessu er hægt að réttlæta ytri leiðsluna.

5.2.2 Samsettar rökrásir

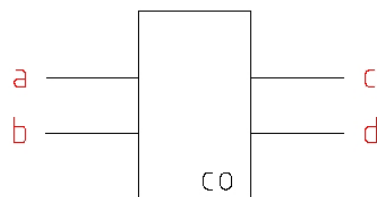
Með því að raða saman rökreitum er gerlegt að mynda ýmsar aðgerðareiningar, sem hafa ákveðna eiginleika. Slíka aðgerðareiningu má sýna með nýju, viðeigandi tákni.

Dæmi:

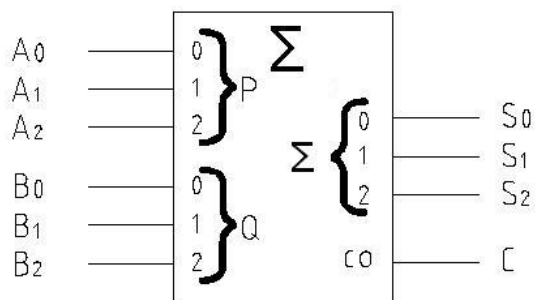
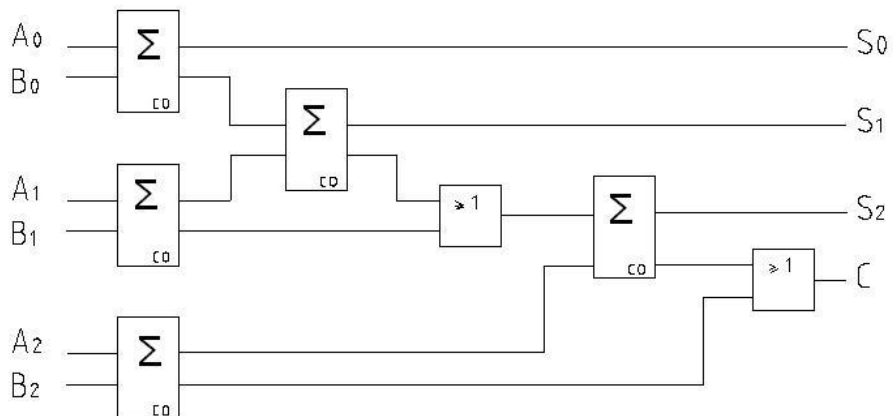
Með því að nota OG-fall og aðeins-EDA-fall getur maður búið til 2ja-innganga-samleggjara, sem myndar samtölu tveggja tvíundartalna (rökræn 1 eða 0), sem koma inn á inngangana a og b. Útkoman úr samlagningunni verður framkvæmd c og niðurstaða d. Mynd 5.5 sýnir tenginguna og tilsvareandi sannleikstöflu. Auk þess er táknið fyrir 2ja-innganga-samleggjara sýnt. Áritunin CO stendur fyrir Carry Out = framkvæma.



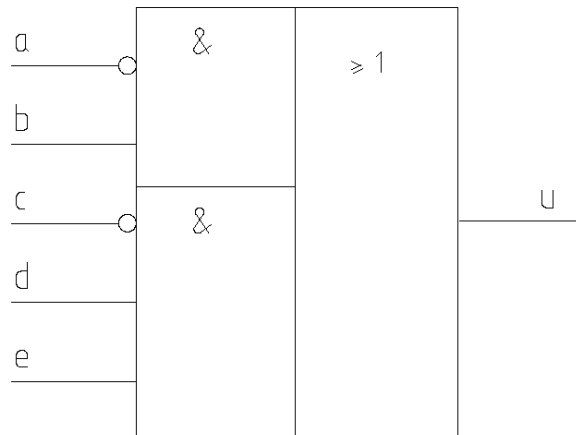
Mynd 5.5
Rökmynd og sannleikstafla fyrir 2ja-innganga-samleggjara



Maður getur bætt við þessa uppbyggingu til að ná utanum samlagningu stærri tvíundartalna, t.d. áttundartölur með 3 bita með talnagildin 0 – 7. Mynd 5.6 sýnir viðbótartenginguna og viðbótartáknið fyrir samlagningareininguna fyrir tvær áttundartölur. Í sambandi við hönnun og skráningu getur það verið hagkvæmt að raða saman táknum fyrir rökreitir og þar með mynda ný viðeigandi tákn, án þess að tekin sé afstaða til, hvernig rásirnar vinna. Mynd 5.7 sýnir dæmi um þetta.



Mynd 5.6
Samlagningareining fyrir tvær áttundartölur a. rökreitir b. tákn fyrir falleiningu



Mynd 5.7

Uppbygging einfaldaðs tákns fyrir samtengda rökreiti

5.3 Raðstýring - Þrepstýring

Raðstýring er tegund reglunar, þar sem maður, með hjálp tvíundar rökeininga, í þrepum, stýrir ferli að vel skilgreindu ástandi þannig, að framkvæmd sérhvers þreps (stýriskipun) er yfirfarin, áður en næsta þrep er sett í gang.

Forritunarbúnaðurinn, sem stýrir og hefur eftirlit með framvindu raðstýringarinnar, er settur í gang, og forrit valið frá stjórnborði (t.d. takkaborði) eða er ræst sjálfvirkt með yfirmerki. Ræsing forrita getur verið háð því, að sérstakar forsendur í virkinu (heimild) séu fyrir hendi. Auk þess er möguleiki til að neyðarræsa forrit (t.d. stýrt stöðvunarferli). Slík neyðarræsing forrits er venjulega ekki háð heimildarforsendum, þar sem hún er venjulega ákveðin af ábyrgðarmanni eða vegna öryggis búnaðarins.

Í forrituðu stýringuna er sett inn forgangs röðun skipana, oft með eftirfarandi framgangi (vinnuröð):

- í neyð út
- í neyð inn
- handvirkt/sjálfvirkt út
- handvirkt/sjálfvirkt inn

Meginreglan í uppbyggingu raðstýringar er sýnd á mynd 5.8, þar sem ekki eru allar hjálparaðgerðir, viðkomandi stýringunni, sýndar, heldur lýst stuttlega. Þegar öll þrep hafa verið framkvæmd og ástand búnaðarins er skilgreint, gefur stýringin til kynna INNI og heldur þessari tilkynningu, þar til ástand búnaðarins breytist eða að andstæða forritið (ÚT) fer í gang.

Forritsþrep

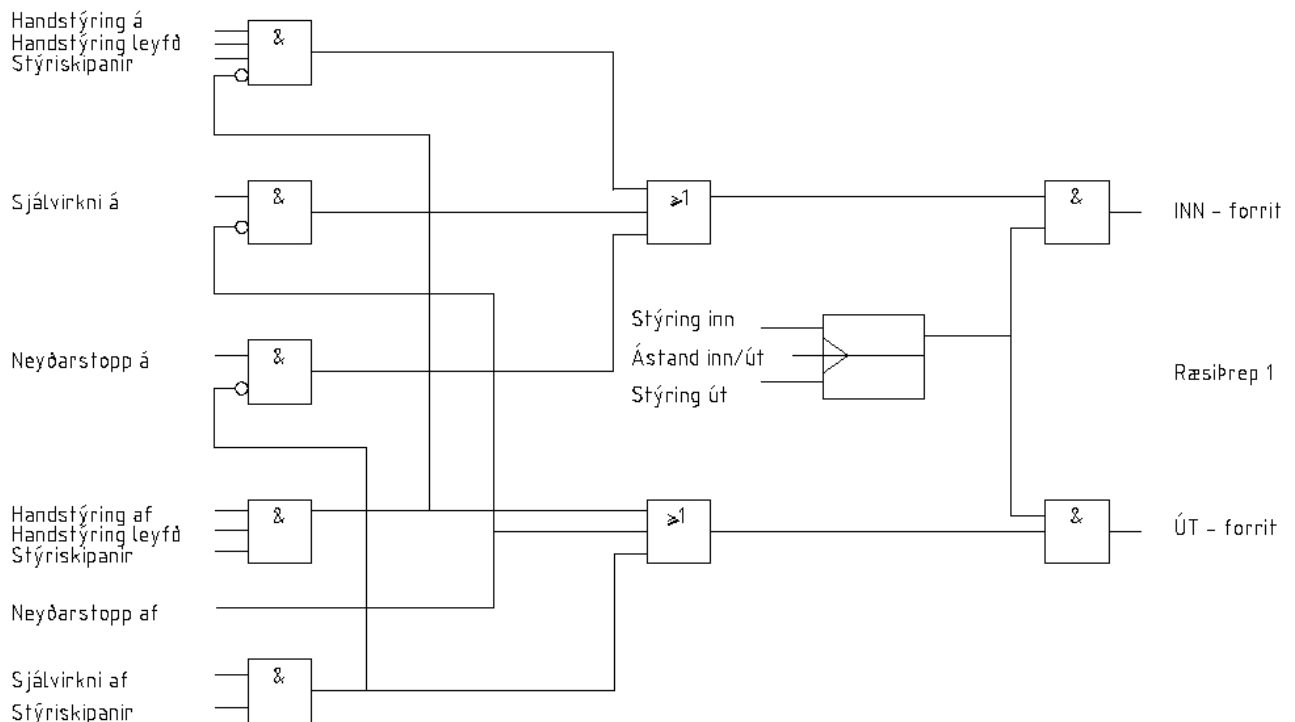
Forritsþrep gefa skipanir til ferlisins ef forritaða stýringin er í gangi, tilheyrandi forrit örvað og næsta þrep á undan stillt. Ef þessi skilyrði eru uppfyllt og forsendurnar fyrir fyrri þrep einnig, eru skipanirnar í þrepinu gefnar, þrepið á undan gert óvirkt, og næsta þrep á eftir gert tilbúið til ræsingar. Um leið og forsendurnar fyrir miðþrepið hafa einnig verið uppfylltar, eru skipanirnar í þrepinu gefnar. Ef þær eru ekki uppfylltar innan ákveðins (ástillts) tíma, er gefin viðvörin vegna of langs tíma (yfirtíma).

Stýringuna má jafnvel senda í hliðarforrit þessarar viðvörunar, ef sá hluti, sem vantar til að uppfylla skilyrðið, ræður úrslitum fyrir ferlið. Einnig má setja biðtíma inn í þrepið, þannig að næsta þrep örvist ekki fyrr en hæfilegan tíma eftir, að næsta þrep á undan er stillt, þó að forsendurnar séu uppfylltar áður.

Megin uppbygging þreps getur verið mynduð á marga vegu. Hér á eftir er eitt dæmi:

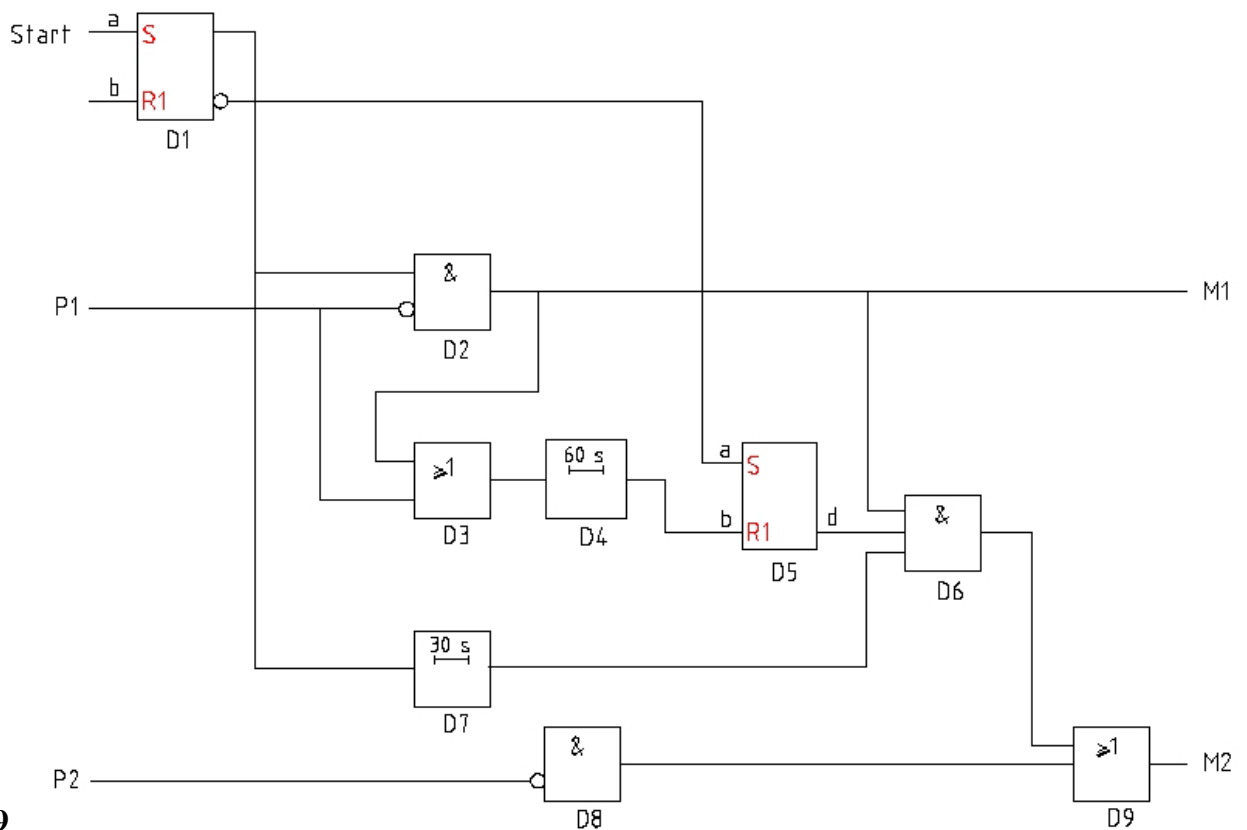
Þrep	Biðtími	Vakttími	1
			2
			3

Þrep *Hér er gefið upp þrepanúmer*
 Biðtími: *Hér er gefinn upp biðtíminn í s og eða mín.*
 Vakttími: *Hér er gefinn upp vakttíminn í s eða mín.*
 1-2-3: *Skipanir til búnaðar.*



Mynd 5.8

Rökteikning fyrir ræsiþrep í raðstýringu



Mynd 5.9

Rökteikning fyrir stýringu á
Tveim þjöppum

Forritsþrep má skrá – og með nálgun framkvæma í raun – eins og sýnt er á mynd 5.9.

Skref- og forsendusýning

Venjulega er, í sambandi við stýrieininguna, sýnt á ljósaskilti á hvaða þrepi stýringin er. Á öðru skilti er sýnt, hvaða forsendur vantar, til að stýringin geti haldið áfram á næsta þrep. Á sama hátt er hægt að sýna, hver geti verið ástæðan til rofs á ferlinu. Þessar nefndu upplýsingar má einnig sýna í nútíma virki á tölvuskjá/aðgerðarskjá, annað hvort með texta eða á myndformi.

Forsendunúmer o.fl. eru venjulega sýnd fyrir framan skýringarnar í skránni fyrir forritsþrepið.