



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Behe Tentsioko Ariketak

ISBN: 978-84-9860-670-6

Zigor Larrabe Uribe

**EUSKARA ETA ELEANIZTASUNeko
ERREKTOREORDETZAREN SARE ARGITALPENA**

Liburu honek UPV/EHUko Euskara eta Eleaniztasuneko Errektoreordetzaren dirulaguntza jaso du

Industria Ingeniaritza

TEKNOLOGIA ELEKTRIKOA I

BTko ARIKETAK



2.009/2.010

AURKIBIDEA

1. GELA PRAKTIKA: BTko EROALEAK DIMENSIONATZEKO TAULAK, IRIZPIDE TERMIKOARI JARRAITUZ	9
1. LABURPENA	11
2. AIREKO BANAKETA	12
2.1 INTENTSITATE MAXIMO ONARGARRIAK AIREKO BANAKETAKO RZ EROALEENTZAT	12
2.1.1 AL-MG-SI ALEAZIOKO NEUTRO FIDATZAILEA DUTEN KABLEAK, KABLE TENKATUKO INSTALAZIOETARAKO	12
2.1.2 NEUTRO-FIDATZAILE GABEKO KABLEAK, KABLE PAUSATUKO INSTALAZIOETARAKO, EDO ALTZAIRUZKO FIDATZAILEAZ TENKATURIKOETARAKO	12
2.2 ZUZENKETA-FAKTOREAK	13
2.2.1 ZUZENEAN EGUZKIRA BEGIRA DAGOEN INSTALAZIOA	13
2.2.2 KABLE BATZUEN PILAKETAK ERAGINDAKO ZUZENKETA-FAKTOREA	13
2.2.3 GIRO-TENPERATURARI LOTURIKO ZUZENKETA-FAKTOREAK	13
2.3 KABLEEN EROALEETAN ONARGARRIAK DIREN ZIRKUITULABUR-INTENTSITATE MAXIMOAK	14
2.4 KOBRE ETA ALUMINIOZKO EROALE BILUZIAK	14
2.5 BESTE KABLE EDO BESTE INSTALAZIO SISTEMA BATZUK	14
3. LURPEKO BANAKETA EDO HODI BARNEKOA	15
3.1 INTENTSITATE ONARGARRIA LURPEKO INSTALAZIO-BALDINTZA EZBERDINETARAKO	15
3.1.1 LURPEKO INSTALAZIO BATEN BALDINTZA OROKORRAK	15
3.1.2 LURPEKO INSTALAZIOEN BALDINTZA BEREZIAK ETA INTENTSITATE ONARGARRIAREN ZUZENKETA-FAKTOREAK	16
3.1.2.1. Lurzoruko tenperatura 25°C ez den kasua	17
3.1.2.2. Lurzoruaren erresistibitate termikoa 1 K·m/W ez den kasua, zuzenean edo hodian barnean lurperaturiko kableen kasurako	17
3.1.2.3. Lurpean multzokaturiko hiru edo lau poloko kableak edo kable sorta polobakarREN hirukoteak	17
3.1.2.4. Zanga-sakonera ezberdinetan lurperaturiko kableak	18
3.2 HODI EDO HODI ANTZEKOEN BARNEAN ZANGETAN LURPERATURIKO KABLEAK	18
3.3 AIRETIK DOAZEN INSTALAZIOEN BALDINTZAK (GALERIAK, ZANGA ARAKAGARRIAK, ATARJEAK EDO KANAL ARAKAGARRIAK)	19
3.3.1 AIREKO INSTALAZIO BATEN BALDINTZA OROKORRAK	19

3.3.2	GALERIA AIREZTATUETATIK DOAZEN AIREKO INSTALAZIOEN BALDINTZA BEREZIAK ETA INTENTSITATE ONARGARRIAREN ZUZENKETA-FAKTOREAK	21
3.3.2.1	Airean instalaturiko kableak, giro-tenperatura 40 °C ez denean	21
3.3.2.2	Airean instalaturiko kableak, galeria edo kanal txikietan	21
3.3.2.3	Airean instalaturiko kable multzoak	22
3.4	EROALEETAN ONARGARRIAK DIREN ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEAK	23
3.5	BESTE KABLE ETA BESTE INSTALAZIO-SISTEMA BATZUK	24
4.	BARNEKO-ZIRKUITUAK	25
4.1	EROALEEN SEKZIOAK. TENTSIO-ERORKETAK	25
4.2	INTENTSITATE MAXIMO ONARGARRIAK	25
4.3	EROALEEN IDENTIFIKAZIOA	27
4.4	BABES-EROALEAK	27
5.	HODIAK	28
5.1	GAINAZALEKO KANALIZAZIO FINKOETAKO HODIAK	28
5.2	KANALIZAZIO LANDATUETAKO HODIAK	28
5.3	AIREKO KANALIZAZIOAK EDO AIRETIK DOAZEN HODIEZ OSATURIKOAK	29
5.4	LURPEKO KANALIZAZIOETAKO HODIAK	29
5.5	LGA HODIAK	30
2.	GELA PRAKTIKA: EROALEEN SEKZIO MINIMOA IRIZPIDE TERMIKOAREN ALDETIK	31
1.	HELBURUA	33
2.	SEKZIO MINIMOAREN KALKULU-METODOA IRIZPIDE TERMIKOAREN ALDETIK	34
2.1	AIREKO SAREAK (ITC-BT-06)	34
2.1.1	POLIETILENO ERRETIKULATUZKO ISOLATZAILEA (XLPE) DUTEN KABLEAK, ESPIRAL IKUSGAI SORTAN	34
2.1.2	KOBREZKO ETA ALUMINIOZKO EROALE BILUZIAK	35
2.1.3	BESTE KABLE EDO INSTALAZIO-SISTEMA MOTA BATZUK	35
2.2	LURPEKO SAREAK (ITC-BT-07)	35
2.2.1	ZUZENEAN LURPERATURIKO KABLEAK	36
2.2.2	ZANGAN LURPERATURIKO KABLEAK, HODI EDO ANTZEKOEN BARNEAN	37

2.2.3	AIREAN INSTALATURIKO KABLEAK (GALERIAK, ZANGA ARAKAGARRIAK, ATARJEAK EDO KANAL ARAKAGARRIAK)	37
2.2.4	BESTE SISTEMA EDO KABLEAK	39
2.3	BARNE-ZIRKUITUAK (ITC-BT-19)	39
2.3.1	BESTE SISTEMA EDO KABLEAK	40
2.3.2	EROALEEN IDENTIFIKAZIOA	40
2.3.3	BABES-EROALEAK	40
3.	ADIBIDEA	41
4.	ARIKETA EBATZIAK	42
5.	PROPOSATURIKO ARIKETAK	47

3. GELA PRAKTIKA: EROALEEN SEKZIO MINIMOA IRIZPIDE TERMIKOA ETA TENTSIO-ERORKETA MAXIMOAREN IRIZPIDEEN KONBINAKETAZ. LINEA MONOFASIKO ETA TRIFASIKOAK. SEKZIO UNIFORMEKO LINEA IREKIAK

1.	HELBURUA	51
2.	PROZEDURA	52
2.1	TENTSIO-ERORKETA KABLE ISOLATUAN	52
2.2	TENTSIO-ERORKETA LINEA MONOFASIKOAN	54
2.2.1	LINEA MONOFASIKOAREN ADIBIDEA	55
2.3	TENTSIO-ERORKETA LINEA TRIFASIKOAN (Orekatua eta Simetrikoa)	57
2.3.1	LINEA TRIFASIKOAREN ADIBIDEA	57
3.	PROPOSATURIKO ARIKETAK	59
4.	SEKZIO UNIFORMEKO LINEA IREKIAK	60
5.	ARIKETA EBATZIAK	63

4. GELA PRAKTIKA: SEKZIO EZ-UNIFORMEKO LINEA IREKIAK

1.	PRAKTIKAREN HELBURUA	67
2.	TENTSIO-ERORKETEN KALKULU-PROZEDURA	68
3.	ADIBIDEA	71
4.	ARIKETA EBATZIAK	73

5. PROPOSATURIKO ARIKETAK	77
5. GELA PRAKTIKA: ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEEN KALKULUA	79
1. PRAKTIKAREN HELBURUA	81
2. ZIRKUITULABUR-POTENTZIAREN KONTZEPTUA	82
2.1 ZIRKUITULABUR-POTENTZIAREN BALIO ERLATIBOAK	83
3. ZIRKUITULABURREN FENOMENO IRAGANKORRAK	85
4. ZIRKUITULABUR MOTAK	90
5. ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEEN KALKULUA	92
5.1 BALIOKIDEAK KALKULATZEKO FORMULAK	92
5.1.1 ELIKADURA-SAREA	92
5.1.2 TRANSFORMADOREA	93
5.1.3 TRANSFORMADORE BATZUK PARALELOAN	94
5.1.4 KABLEAK, LINEAK ETA BARRAK	94
5.2 KALKULU-PROZEDURA	95
6. ADIBIDEA	96
7. LABURPENA	98
8. ARIKETA PROPOSATUAK	99
6. GELA PRAKTIKA: ETENGAILU AUTOMATIKOAK	103
1. INSTALAZIO ELEKTRIKOEN USTIAPEN-EZAUGARRIAK	105
2. ETENGAILU MAGNETOTERMIKOAK	108
2.1 BABESGAILU MODULARRAK	108
2.1.1 ERAIKITZE-EZAUGARRIAK	108
2.1.2 FUNTZIONAMENDU-EZAUGARRIAK	109
2.1.3 DESARRA-EZAUGARRIAK	110
2.1.4 ETENDURA-AHALMENA	113
2.1.4.1. Azkeneko eta Zerbitzuko Etendura-Ahalmenen arteko erlazioa	114
2.2 KUTXA MOLDEKATUKO BABESGAILUAK	115
2.2.1 SAILKAPENA	115
2.2.1.1. A Kategoria	116

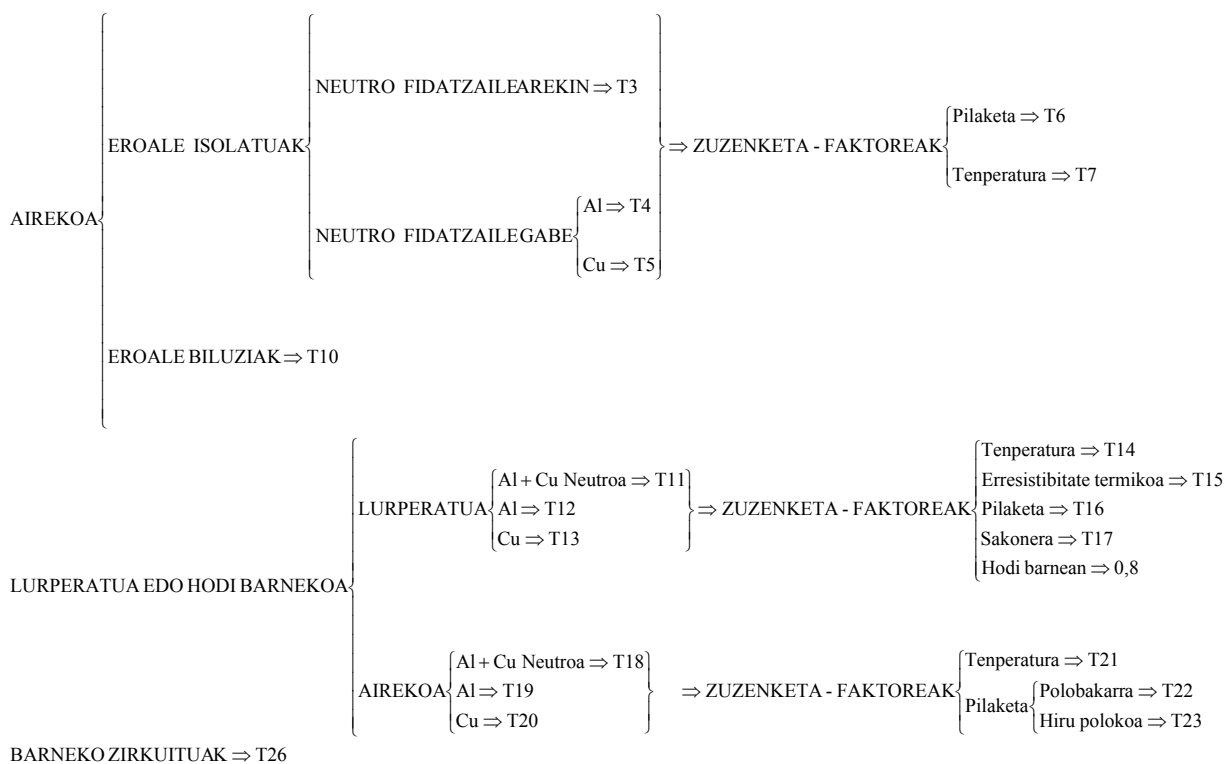
2.2.1.2. B Kategoria	117
3. BABESGAILUAREN AUKERAKETA	122
3.1 SAREAREN EZAUGARRIAK	122
3.1.1 NEUTROAREN SISTEMA	122
3.1.2 ZIRKUITULABUR-MAILAK	123
3.1.3 LINEA	123
3.1.4 ELIKADURAREN BALIO IZENDATUAK	124
3.2 KARGAREN EZAUGARRIAK	124
3.3 INSTALAZIO-BALDINTZAK	126
3.3.1 ZERBITZUAREN JARRAITUTASUNA (SELEKTIBOTASUNA – KOORDINAZIOA)	126
3.3.2 BABESGAILUEN FILIAZIOA	128
3.3.3 BABESGAILUAREN PARAMETROEN ALDAKETA	129
3.3.3.1. Aldaketa tenperaturaren funtzioan	129
3.3.3.2. Aldaketa elkarren ondoan jarritako aparatuko kopuruaren funtzioan	129
3.3.3.3. aldaketa Erabilera-frekuentziaren funtzioan	130
3.3.3.4. aldaketa Itsas mailarekiko altueraren funtzioan	131
4. ETENGAILU AUTOMATIKOAK AUKERATZEKO BALDINTZEN LABURPENA	132
4.1 KALIBREA – KARGA-INTENSITATE IZENDATUA (I_N)	132
4.2 DESARRA-INTENSITATE KONBENTZIONALA (I_2) - KALIBREA	132
4.3 ETENDURA-AHALMENA (PdC)	133
4.4 BAT-BATEKO ELEMENTUAREN DESARRA (I_{MAG})	133
4.5 DESARRA-DENBORA MAXIMOA (t_{max})	134
5. LEHEN ADIBIDEA	135
6. BIGARREN ADIBIDEA	136
7. HIRUGARREN ADIBIDEA	137
8. ARIKETA PROPOSATUAK	139

1. GELA PRAKTIKA:
BTko EROALEAK
DIMENTSIONATZEKO TAULAK,
IRIZPIDE TERMIKOARI JARRAITUZ

1. LABURPENA

	<i>Aireko Sareak</i>	<i>Lurpeko Sareak</i>	<i>Barneko Zirkuituak</i>	<i>Hargunea</i>	<i>LGA</i>	<i>Banakako deribazioak</i>
Instrukzioa	ITC-06	ITC-07	ITC-19	ITC-11	ITC-14	ITC-15
Materiala	Cu edo Al	Cu edo Al	Cu edo Al	Cu edo Al	Cu edo Al	Cu
Isolamendua	0,6/1 kV	0,6/1 kV		0,6/1 kV	0,6/1 kV	450/750V
Neutroaren sekzio minimoa	½ min Cu 10 mm ² Al 16 mm ²	½ min Cu 10 mm ² Al 16 mm ²	Faseak bezala	Banaketa bezala	½ min Cu 10mm ² Al 16mm ²	Faseak bezala
Araua	RZ UNE 21.030	UNE 20.435	UNE 20.460-5-523	Banaketa bezala	UNE 20.460-5-523	ITC-BT-7 lurpekoa ITC-BT-19 araua
Faseen sekzio minimoa	Cu 10 mm ² eta Al 16 mm ²	Cu 6 mm ² eta Al 16 mm ²		Banaketa bezala		6 mm ² Indarra 1,5 mm ² Seinalea
Mota					Polobakarrak	Polobakarrak
Tentsio-jaitsiera	---	---	% 3, 5, 4,5 edo 6	---	% 0,5 edo % 1	% 0,5 edo % 1
Hodia	---	1.2.4 de ITC-21 Hodi bakoitzeko zirkuitu bakarra	ITC-21	Banaketa bezala	Taula Berezia	Kablearen %100eko igoera

1. taula. BTKo araudiaren eroalei buruzko aginduen laburpena.



2. taula. Aplikatu beharreko taulak.

2. AIREKO BANAKETA

2.1 INTENTSITATE MAXIMO ONARGARRIAK AIREKO BANAKETAKO RZ EROALEENTZAT

2.1.1 AI-Mg-Si ALEAZIOKO NEUTRO FIDATZAILEA DUTEN KABLEAK, KABLE TENKATUKO INSTALAZIOETARAKO

Sekzio bakoitzeko eroale kopurua [mm ²]	Intentsitate maximoa [A]
1 x 25 Al/54,6 Alm	110
1 x 50 Al/54,6 Alm	165
3 x 25 Al/54,6 Alm	100
3 x 50 Al/54,6 Alm	150
3 x 95 Al/54,6 Alm	230
3 x 150 Al/80 Alm	305

3. taula. Intentsitate maximo onargarria amperetan eta 40 °C-ko giro-tenperaturan.

2.1.2 NEUTRO-FIDATZAILE GABEKO KABLEAK, KABLE PAUSATUKO INSTALAZIOETARAKO, EDO ALTZAIRUZKO FIDATZAILEAZ TENKATURIKOETARAKO

Sekzio bakoitzeko eroale kopurua [mm ²]	Intentsitate maximoa [A]	
	Fatxada ganean pausatua	Altzairuzko fidatzaileaz tenkatua
2 x 16 Al	73	2 x 16 Al
2 x 25 Al	101	2 x 25 Al
4 x 16 Al	67	4 x 16 Al
4 x 25 Al	90	4 x 25 Al
4 x 50 Al	133	4 x 50 Al
3 x 95/50 Al	207	3 x 95/50 Al
3 x 150/95 Al	277	3 x 150/95 Al

4. taula. Intentsitate maximo onargarria amperetan eta 40 °C-ko giro-tenperaturan.

Sekzio bakoitzeko eroale kopurua [mm ²]	Intentsitate maximoa [A]	
	Fatxada ganean pausatua	Altzairuzko fidatzaileaz tenkatua
2 x 10 Cu	77	85
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

5. taula. Intentsitate maximo onargarria amperetan eta 40 °C-ko giro-tenperaturan.

2.2 ZUZENKETA-FAKTOREAK

2.2.1 ZUZENEAN EGUZKIRA BEGIRA DAGOEN INSTALAZIOA

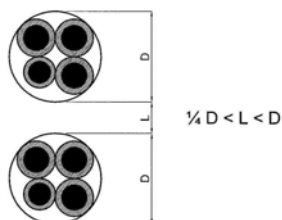
Eguzki-irradiazioa oso handia den gunetan, giro-tenperaturarekiko eroaleen azalaren beroketa kontuan hartu beharko da; kasu horietan 0,9ko edo gutxiagoko zuzenketa-faktore bat aplikatuko da, UNE 20.435 arauan gomendatzen den bezala.

2.2.2 KABLE BATZUEN PILAKETAK ERAGINDAKO ZUZENKETA-FAKTOREA

6. taulan intentsitate maximo onargarriaren zuzenketa-faktoreak adierazten dira, airetik doan kable sorta baten pilaketaren kasurako. Faktore horiek kableak beren artean diametro baten eta diametro-laurden baten arteko distantziara banatuak daudenean aplikatzen dira, ezarketa horizontaletan eta kableak plano bertikal berean daudenean. Beste distantzia edo kable multzoetarako, begiratu UNE 21.144-2-2 araei.

Kable kopurua	1	2	3	3 +
Zuzenketa-faktorea	1,00	0,89	0,80	0,75

6. taula. Intentsitate maximo onargarriaren zuzenketa-faktoreak kable isolatu sorta baten pilaketaren kasurako, airean ezarriak doazenean.



Kalkulurako, kable baten diametroa, fase-eroalearen diametroa bider 2,5 hartzen da.

2.2.3 GIRO-TENPERATURARI LOTURIKO ZUZENKETA-FAKTOREAK

7. taulan 40 °C-ko tenperatura ez dagoenean aplikatu beharreko zuzenketa-faktoreak adierazten dira.

Temperatura °C	20	25	30	35	40	45	50
Polietileno erretikulatuz isolatuak	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

7. taula. Intentsitate maximo onargarriaren zuzenketa-faktoreak giro-tenperaturaren arabera, kable sorta isolatuen kasurako.

2.3 KABLEEN EROALEETAN ONARGARRIAK DIREN ZIRKUITULABUR-INTENTSITATE MAXIMOAK

8. eta 9. tauletan zirkuitulabur-intentsitate onargarrak adierazten dira, zirkuitulaburraren iraupenaren arabera.

Eroalearen sekzioa [mm ²]	Zirkuitulaburraren iraupena [s]								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1

8. taula. Zirkuitulabur-intentsitate maximoak kA-tan, aluminiozko eroaleentzat.

Eroalearen sekzioa [mm ²]	Zirkuitulaburraren iraupena [s]								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

9. taula. Zirkuitulabur-intentsitate maximoak kA-tan, kobrezko eroaleentzat.

2.4 KOBRE ETA ALUMINIOZKO EROALE BILUZIAK

Erregimen iraunkorren, intentsitate maximo onargarrak taula honen aplikaziotik lortuko dira:



Sekzio izendatua [mm ²]	Intentsitate-dentsitatea [A/mm ²]	
	Kobrea	Aluminioa
10	8,75	--
16	7,60	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	--	2,90
150	--	2,70

10. taula. Airetik doazen eroale biluzien intentsitate-dentsitatea A/mm²-tan.

2.5 BESTE KABLE EDO BESTE INSTALAZIO SISTEMA BATZUK

Beste edozein kable mota edo instalazio sistemaren kasurako, edota aurreko tauletan ageri ez diren kableen kasurako, UNE 20.435 arauan begiratu behar da, edo kalkulua UNE 21.144 araua aplikatuz egin.

3. LURPEKO BANAKETA EDO HODI BARNEKOA

3.1 INTENTSITATE ONARGARRIA LURPEKO INSTALAZIO-BALDINTZA EZBERDINETARAKO

3.1.1 LURPEKO INSTALAZIO BATEN BALDINTZA OROKORRAK

Intentsitate maximo onargarrria finkatzeko orduan, instalazio generiko hau hartuko da oinarritzat:

- Hiru edo lau poloko kable bakarra, edo elkarrekin kontaktuan dauden hiru kable polobakar sorta, guztiz lurperatuak beren luzera osoan, 0,70 m-ko sakonerako zanga batean, batez beste 1 K·m/W-ko erresistibitate termikoa duen lurrean eta haren giro-tenperatura sakonera horretan 25 °C dela suposatuz.

KABLEAK	Eroaleen sekzio izendatua [mm ²]	Intentsitatea [A]
3 x 50 Al + 16 Cu	50	160
3 x 95 Al + 30 Cu	95	235
3 x 150 Al + 50 Cu	150	305
3 x 240 Al + 80 Cu	240	395



11. taula. Intentsitate maximo onargarrria amperetan, lau poloko kableentzat, aluminiozko eroalez eta kobrezko neutroz osatuak, lurpeko instalazio batean (zerbitzu iraunkorrean).

OHARRAK:

- Eroalearen tenperatura maximoa: 90 °C.
- Lurzoruaren tenperatura: 25 °C.
- Instalazioaren sakonera: 0,70 m.
- Lurzoruaren erresistibitate termikoa: 1 K·m/W

SEKZIO IZENDATUA [mm ²]	Kable polobakarren hirukotea (1)(2)			Hiru edo lau poloko kablea (3)		
	ISOLATZAILE MOTA					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

12. taula. Intentsitate maximo onargarrria, amperetan, aluminiozko eroalez osaturiko kable baterako eta lurpeko instalazio baterako (zerbitzu iraunkorra).

SEKZIO IZENDATUA [mm ²]	Kable polobakarren hirukotea (1)(2)			Hiru edo lau poloko kablea (3)		
						
	ISOLATZAILE MOTA					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	325	325	290	310	305	265
120	380	372	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

13. taula. Intentsitate maximo onargarria, amperetan, kobrezko eroalez osaturiko kable baterako eta lurpeko instalazio baterako (zerbitzu iraunkorra).

OHARRAK:

- Isolatzaile mota:
 - XLPE - Polietileno erretikulatua – Tenperatura maximoa eroalean 90 °C (zerbitzu iraunkorra).
 - EPR - Etileno propileno - Tenperatura maximoa eroalean 90 °C (zerbitzu iraunkorra).
 - PVC – Binil polikloruroa - Tenperatura maximoa eroalean 70 °C (zerbitzu iraunkorra).
 - Lurzoruaren tenperatura: 25 °C.
 - Instalazioaren sakonera: 0,70 m.
 - Lurzoruaren erresistibitate termikoa: 1 K·m /W.
- (1) Eroale neutroa kontuan hartzen du, baldin eta badago.
 - (2) Bi kable polobakarren kasurako, intentsitate maximo onargarria, sekzio eta isolatzaile mota bereko kable polobakarren hirukotearen zutabeari dagokiona izango da 1,225 faktoreaz biderkatua.
 - (3) Bi poloko kable baten kasurako, intentsitate maximo onargarria, sekzio eta isolatzaile mota bereko hiru edo lau poloko kablearen zutabeari dagokiona izango da 1,225 faktoreaz biderkatua.

3.1.2 LURPEKO INSTALAZIOEN BALDINTZA BEREZIAK ETA INTENTSITATE ONARGARRIAREN ZUZENKETA-FAKTOREAK

Kable baten intentsitate onargarriari, 2.1.1 eta 3.1.2.1 ataletan zehaztu den lurpeko instalazio-baldintzetarako, zuzenketa-faktore batzuk aplikatu beharko zaizkio benetako instalazioaren magnitude bakoitzaren aldaketak kontuan izanik, horrela kalkulaturiko intentsitatearen zirkulazioak sorturiko tenperatura-igoerak ez ditzan 2. taulan agertzen diren limiteak gainditu. Ondoren, instalazioetan ager daitezkeen kasu partikular batzuk azaltzen dira. Kasuok intentsitate maximo onargarriaren balioa aldatzen dute; ondorioz, aplikatu beharreko zuzenketa-faktoreak adierazten dira.

3.1.2.1.LURZORUKO TENPERATURA 25°C EZ DEN KASUA

Zerbitzuko tenperatura θ_s [°C]	Lurzoruaren tenperatura, θ_t , °C-tan								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

14. taula. F zuzenketa-faktorea, lurzoruko tenperatura 25 °C ez denean.

14. taulan F zuzenketa-faktoreak adierazten dira, intentsitate maximo onargarriari aplikatu beharrekoak, lurzoruaren tenperatura, θ_t , 25°C ez den kasurako, θ_s zerbitzuko tenperatura maximoaren arabera.

Taulan agertzen ez diren tenperaturen kasurako, F-ren balioa formula honen bidez kalkulatu da:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

3.1.2.2.LURZORUAREN ERRESISTIBITATE TERMIKOA 1 K·m/W EZ DEN KASUA, ZUZENEAN EDO HODIEN BARNEAN LURPERATURIKO KABLEEN KASURAKO

15. taulan, lurzoruaren erresistibitate termiko bakoitzari dagokion intentsitate onargarriaren zuzenketa-faktorea adierazten da.

Kable mota	Lurzoruaren erresistibitate termikoa [K·m/W]										
	0,80	0,85	0,90	1	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Polobakarra	1,09	1,06	1,04	1	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68	0,66
Hiru polokoa	1,07	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71	0,69

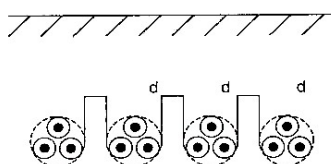
15. taula. Lurzoruaren erresistibitate termikoa 1 K·m/W ez den kasurako zuzenketa-faktoreak.

3.1.2.3.LURPEAN MULTZOKATURIKO HIRU EDO LAU POLOKO KABLEAK EDO KABLE SORTA POLOBAKARREN HIRUKOTEAK

16. taulan, aplikatu beharreko zuzenketa-faktoreak adierazten dira, hiru poloko kable kopuruaren edo kable polobakarren hirukoteen sorta kopuruaren arabera eta haien arteko distantziaren arabera.

Zuzenketa-faktorea								
Kableen edo hirukoteen arteko distantzia	Zangako kable edo hirukote multzoa							
	2	3	4	5	6	8	10	12
d= 0 m	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62

16. taula. Lurpean multzokaturiko hiru poloko kableak edo kable sorta polobakarren hirukoteei aplikatu beharreko zuzenketa-faktorea.



3.1.2.4. ZANGA-SAKONERA EZBERDINETAN LURPERATURIKO KABLEAK

17. taulan 0,70 m-ko sakoneran lurperatu ez diren kableei aplikatu beharreko zuzenketa-faktoreak adierazten dira.

Sakonera [m]	0,4	0,5	0,6	0,7	0,80	0,90	1,00	1,20
Zuzenketa-faktorea	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,95

17. taula. Zanga-sakonera ezberdinetan lurperaturiko kableei aplikatu beharreko zuzenketa-faktorea.

3.2 HODI EDO HODI ANTZEKOEN BARNEAN ZANGETAN LURPERATURIKO KABLEAK

Instalazio mota hauetan, 3.1.2 atalean esandako guztia da aplikagarria. Horrez gain, faktore hauek ere aplikatu beharko dira:

- Hodi bakoitzeko zirkuitu bakarra instalatuko da. Hodiaren barne-diametroaren eta zirkuituaren itxurazko diametroaren arteko erlazioak 2 baino handiagoa izan beharko du; salbuespen gisa, 1,5eko balioa onartzen da.
- Hiru poloko kable sortaz edo kable sorta polobakarren hirukotez osaturiko linea baten kasurako (hodi beraren barnean), 0,8ko zuzenketa-faktore bat aplikatuko da.
- Lau kable polobakarrez osaturiko linea baten kasuan, bakoitza bere hodian doanean, 0,9ko zuzenketa-faktorea aplikatzeko aukera dago.

- Hodi multzo baten kasuan, zuzenketa-faktorea multzo motaren arabera izango da, eta ezberdina izango da multzoaren erdiko kableentzat eta kanpoko kableentzat. Kasuz kasuko azterketa egin beharko da.
- 15 m-ko luzera gainditzen ez duten hodian kasurako, hodiak aglomeratu berezi batez betez gero, ez da beharrezkoa izango arrazoi horrengatik zuzenketa-faktorerik aplikatzea.



3.3 AIRETIK DOAZEN INSTALAZIOEN BALDINTZAK (GALERIAK, ZANGA ARAKAGARRIAK, ATARJEAK EDO KANAL ARAKAGARRIAK)

3.3.1 AIREKO INSTALAZIO BATEN BALDINTZA OROKORRAK

Intentsitate maximo onargarria kalkulatzeko, instalazio orokor hau hartzen da eredutzat:



- Hiru edo lau poloko kable bakarra edo kable polobakarren hirukote sorta bat, elkarrekin kontaktuan, airearen berriztatzea bermatzen duen kokapenarekin, giro-tenperatura 40 °C izanik. Adibidez, kablea erretilu gainean edo horma baten kontra finkatua, ...

Kableak	Eroaleen sekzio izendatuak [mm ²]	Intentsitatea [A]
3 x 50 Al + 16 Cu	50	125
3 x 95 Al + 30 Cu	95	195
3 x 150 Al + 50 Cu	150	260
3 x 240 Al + 80 Cu	240	360



18. taula. Intentsitate maximo onargarria, amperetan, zerbitzu iraunkorrean, aluminiozko eroalez osaturiko lau poloko kableentzat, neutroa kobrezkoa izanik, galeria aireztatueta kokaturiko aireko instalazioetan.

OHARRAK:

- Eroaleko tenperatura maximoa: 90 °C.
- Giro-tenperatura: 40 °C.
- Airearen berriztapena bermatzen duen antolaketa.

SEKZIO IZENDATUA [mm ²]	Hiru kable polobakar (1)			Kable trifasiko bat		
						
	ISOLATZAILE MOTA					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	260	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	550	545	455	505	475	385
500	645	625	520	-	-	-
630	740	715	600	-	-	-

19. taula. Intentsitate maximo onargarria, amperetan, zerbützu iraunkorrean, aluminiozko eroalez osaturiko kableentzat, galeria aireztatuetan eta 40 °C-ko giro-tenperaturan.

SEKZIO IZENDATUA [mm ²]	Hiru kable polobakar (1)			Kable trifasiko bat		
						
	ISOLATZAILE MOTA					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	449	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

20. taula. Intentsitate maximo onargarria, amperetan, zerbützu iraunkorrean, kobrezko eroalez osaturiko kableentzat, galeria aireztatuetan eta 40 °C-ko giro-tenperaturan.

OHARRAK:

(1) Neutroa kontuan hartzen du, existitzen bada.

3.3.2 GALERIA AIREZTATUETATIK DOAZEN AIREKO INSTALAZIOEN BALDINTZA BEREZIAK ETA INTENSITATE ONARGARRIAREN ZUZENKETA-FAKTOREAK

Kable baten intentsitate onargarria, 3.1.4.1 atalean finkatua, zuzendu egin beharko da kasu bakoitzean magnitude bakoitzaren aldaketekin, eroaletik doan intentsitateak sorturiko tenperatura-igoerak ez dezan gainditu 2. taulan adierazitako tenperatura. Ondoren, kasu partikular batzuk adierazten dira, aplikatu beharreko zuzenketa-faktoreekin.

3.3.2.1 AIREAN INSTALATURIKO KABLEAK, GIRO-TENPERATURA 40 °C EZ DENEAN

21. taulan F zuzenketa-faktoreak adierazten dira, intentsitate onargarrirako, θ_a giro-tenperatura 40 °C ez den kasuetarako, θ_s zerbitzu-tenperatura maximoaren arabera.

Zerbitzu-tenperatura, θ_s , °C-tan	Giro-tenperatura, θ_a , °C-tan										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,90	0,84	0,77
70	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,81	0,71	0,58

21. taula. F zuzenketa-faktorea giro-tenperatura 40 °C ez denean.

Taulan ez datozen balioen kasurako, F-ren balioa formula honekin kalkulatu da:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}}$$




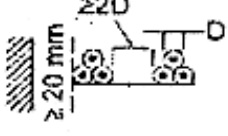
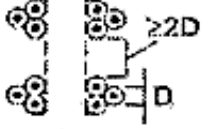
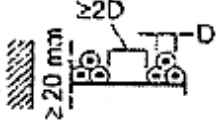
3.3.2.2 AIREAN INSTALATURIKO KABLEAK, GALERIA EDO KANAL TXIKIETAN

Instalazio-baldintza batzuetan (galeria txikiak, kanal txikiak,...) airearen berriztapen egokirik ez dagoenean, kableek askaturiko beroa ezin da libreki hedatu, eta airearen tenperatura-igoera eragiten du.


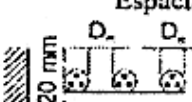

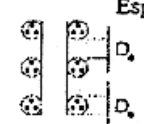
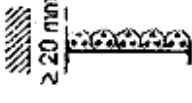
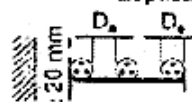
Tenperatura horren igoeraren zenbaterainoakoa faktore ugariaren menpe dago, eta kasu bakoitzean gutxi gorabeherako balio bat joz kalkulatu behar da. Kontuan izan behar da arrazoi horrengatik gerta daitekeen tenperatura-igoera 15 °C ingurukoa izan daitekeela. Intentsitate onargarriari, beraz, 21. taulan agerturiko koefizienteak aplikatu beharko zaizkio.

3.3.2.3 AIREAN INSTALATURIKO KABLE MULTZOAK

22. eta 23. tauletan zirkuitu batzuen pilaketetan aplikatu beharko diren zuzenketa-faktoreak ematen dira, instalazio motaren eta zirkuitu kopuruaren arabera.

Instalazio mota		Erretila kopurua	Zirkuitu trifasiko kopurua (2)			Zirkuitu trifasiko kopurua (2)
			1	1	1	
Erretilu zulatuak (3)		1	0,95	0,90	0,85	Hiru kable geruza horizontalean
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,95	0,85	0,80	
Erretilu zulatu bertikalak (4)		1	0,95	0,85	-	Hiru kable geruza bertikalean
		2	0,90	0,85	-	
Eskailera, erretilua, euskarria, ... (3)		1	1,00	0,95	0,95	Hiru kable geruza horizontalean
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Erretilu zulatuak (3)		1	1,00	1,00	0,90	Hiru kable hirusta eran
		2	0,95	0,95	0,85	
		3	0,95	0,90	0,90	
Erretilu zulatu bertikalak (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Eskailera, erretilua, euskarria, ... (3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

22. taula. Airean instalaturiko kable polobakarren multzoei aplikatu beharreko zuzenketa-faktorea.

Instalazio mota		Zirkuitu trifasiko kopurua (1)							
		Erretila kopurua	1	2	3	4	6	9	
Erretilu zulatuak (2)	Contiguos 	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75	
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	
	Espaciados 	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	-	
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-	
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-	
Erretilu bertikal zulatuak (3)	Contiguos 	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70	
	Espaciados 	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	-	
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	-	
	Eskailera, erretilua, euskarria, ... (2)	Contiguos 	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
			2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
3			1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	
Espaciados 		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	-	
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	-	

23. taula. Airean instalaturiko hiru poloko kable multzoei aplikatu beharreko zuzenketa-faktorea.

OHARRAK:

- (1) Neutroa kontuan hartzen du, existitzen bada.
- (2) Fase bakoitzeko kable multzo bat paraleloan duten zirkuituentzat, taula honen aplikazioari dagokionez, eroale hirukote multzo bakoitza zirkuitu bakartzat hartzen da.
- (3) Erretiluen artean bertikalki 300 mm-ko distantzia baterako daude adieraziak taulako balioak. Distantzia txikiagoetarako, faktoreak gutxitu egin beharko dira.
- (4) Balioak erretiluen artean horizontalki 225 mm-ko distantzia baterako daude adieraziak, erretiluak bata bestearen paralelo muntatuta daudela. Distantzia txikiagoetarako, faktoreak gutxitu egin beharko dira.

3.4 EROALEETAN ONARGARRIAK DIREN ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEAK

24 eta 25. tauletan aluminio eta kobrezko eroaleetan onargarriak diren zirkuitulabur-intentsitatearen dentsitateak adierazten dira, zenbait isolatzailearen kasurako eta zirkuitulaburraren iraupen batzuetarako.

Isolazaile mota	Zirkuitulaburraren iraupena [s]								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE eta EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
Sekzioa $\leq 300 \text{ mm}^2$	237	168	137	106	75	61	53	47	43
Sekzioa $> 300 \text{ mm}^2$	211	150	122	94	67	54	47	42	39

24. taula. Zirkuitulabur-intentsitatearen dentsitatea, A/mm²-tan, aluminiozko eroaleentzat.

Isolazaile mota	Zirkuitulaburraren iraupena [s]								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE eta EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
Sekzioa $\leq 300 \text{ mm}^2$	364	257	210	163	115	94	81	73	66
Sekzioa $> 300 \text{ mm}^2$	322	228	186	144	102	83	72	64	59

25. taula. Zirkuitulabur-intentsitatearen dentsitatea, A/mm²-tan, kobrezko eroaleentzat.

3.5 BESTE KABLE ETA BESTE INSTALAZIO-SISTEMA BATZUK

Aurreko kasuetan adierazten ez diren beste edozein kable edo instalazio motarentzat, UNE 20.435 araua kontsultatu beharko da, edo kalkuluak UNE 21.144 arauari jarraituz egin.

4. BARNEKO-ZIRKUITUAK

4.1 EROALEEN SEKZIOAK. TENTSIO-ERORKETAK


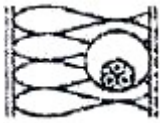






Erabili beharreko eroaleen sekzioak tentsio-erorketaren arabera kalkulatu beharko dira. Tentsio-erorketak, barne-instalazioaren jatorriaren eta edozein bukaera-punturen artean, arauetan agertzen diren salbuespenak alde batera utzirik, tentsio izendatuaren %3 baino txikiagoa izan beharko du etxebizitzaren barneko edozein zirkuitutarako eta, beste kasuetan, %3 baino txikiagoa argiztapen-zirkuituetarako eta %5 baino txikiagoa indar-zirkuituetarako. Tentsio-erorketa hori batera martxan ibil daitezkeen aparatu guztiak kontuan harturik kalkulatu da. Tentsio-erorketaren balioa barne-instalazioaren eta banakako deribazioen artean orekatzeko aukera dago, tentsio-erorketa, guztira, bietarako finkaturiko tentsio-erorketen limiteen batura baino txikiagoa den kasuetan, erabilitako eskemaren arabera.

Elikadura zuzenean erdi- edo goi-tentsioan duten industria-instalazioetarako, hots, banaketa-transformadorea haiena denean, barne-instalazioaren jatorria transformadorearen irteerari definituko da. Kasu horretan, tentsio-erorketa maximoa %4,5 izango dira argiztapen-zirkuituetarako eta % 6,5 indar-zirkuituetarako.

4.2 INTENSITATE MAXIMO ONARGARRIAK

Intensitate maximo onargarriak UNE 20.460-5-523 arauaren arabera mugatuko dira.

Ondorengo taulan 40 °C-ko giro-tenperaturaren kasurako intentsitate maximo onargarriak adierazten dira, instalazio-metodo, multzokatze eta kable mota bakoitzaren kasurako. Taulan agertzen ez diren kasuetarako, eta lurperaturiko eroaleen kasurako, UNE 20.460-5-523 aruari begiratu.

A		Eroale isolatuak, horma isolatzaileetan landaturiko hodian barnean		3x PVC	2x PVC		3x XLPE edo EPR	2x XLPE edo EPR					
A2		Kable poloaniztunak, horma isolatzaileetan landaturiko hodian barnean	3x PVC	2x PVC		3x XLPE edo EPR	2x XLPE edo EPR						
B		Eroale isolatuak hodi barnean ²⁾ , gainazalean ezarriak edo obran landatuak				3x PVC	2x PVC			3x XLPE edo EPR	2x XLPE edo EPR		
B2		Kable poloaniztunak hodi barnean kokatuak ²⁾ , gainazalean ezarriak edo obran landatuak			3x PVC	2x PVC		3x XLPE edo EPR		2x XLPE edo EPR			
C		Kable poloaniztunak, zuzenean horma gainean ³⁾					3x PVC	2x PVC		3x XLPE edo EPR	2x XLPE edo EPR		
E		Kable poloaniztunak, airean ⁴⁾ . Hormarainoko distantzia 0,3D ⁵⁾ baino handiagoa						3x PVC		2x PVC	3x XLPE edo EPR	2x XLPE edo EPR	
F		Kable polobakarrak elkarrekiko kontaktuan ⁴⁾ . Hormarainoko distantzia D ⁵⁾ baino handiagoa							3x PVC			3x XLPE edo EPR ¹⁾	
G		Kable polobakarrak, elkarren arteko distantzia minimoa D ⁵⁾ izanik									3x PVC ¹⁾		3x XLPE edo EPR
Kobrea	mm²		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5		11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5		15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4		20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6		25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10		34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16		45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25		59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35			77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
	50			94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70					149	160	171	188	202	224	244	321
	95					180	194	207	230	245	271	296	391
	120					208	225	240	267	284	314	348	455
	150					236	260	278	310	338	363	404	525
185					268	297	317	354	386	415	464	601	
240					315	350	374	419	455	490	552	711	
300					360	404	423	484	524	565	640	821	

26. taula. Intensitate onargarriak [A], giro-temperatura 40 °C. Eroale kopuruaren eta isolatzaile motaren arabera.

OHARRAK:

- 1) 25 mm²-ko sekzioetik aurrera.
- 2) Instalazioetarako kanaletak eta sekzio ez-zirkularrak barne.
- 3) Erretiluetan.
- 4) Erretilu zulatuetan.
- 5) D kablearen diametroa da.

4.3 EROALEEN IDENTIFIKAZIOA

Instalazioko eroaleek erraz identifikatzeko modukoak izan behar dute, batez ere eroale neutroari eta babes-eroalari dagokienez. Identifikazioa isolatzaileen koloreen bidez egingo da. Instalazio batean eroale neutroa dagoenean edo fase-eroale bat neutro izatera pasa daitekeela aurreikusi denean, kolore urdin argia erabiliko da. Babes-eroalea kolore berde-horiarekin identifikatuko da. Fase-eroale guztiak, neutro-funtzioa beteko ez duten kasuan, marroi, beltz edo gris koloreaz identifikatuko dira.

4.4 BABES-EROALEAK

UNE 20.460-5-54 arauaren 543 atalean adierazitakoa aplikatuko da. Adibide gisa, fase-eroaleen metal bereko babes-eroaleen kasuan, sekzio minimoa 27. taulan adierazitakoa izango da, instalazioaren fase-eroaleen arabera. Material ezberdinen kasuan, sekzioak 26. taulan adierazitakoarekin lortuko litzatekeen eroankortasun baliokidea lortzeko behar dena izan beharko du.

Instalazioko fase-eroaleen sekzioa [mm ²]	Babes-eroaleen sekzio minimoa [mm ²]
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(*) Ondorengo balio minimoarekin:

- 2,5 mm²-ko babes-eroaleak elikaduraren kanalizazioaren parte ez direnean eta babes mekaniko bat dutenean.
- 4 mm²-ko babes-eroaleak elikaduraren kanalizazioaren parte ez direnean eta babes mekaniko bat ez dutenean.

27. taula. Fase- eta babes-eroaleen sekzio minimoak.

Beste baldintzen kasurako, UNE 20.460-5-54 arauko 543 atala aplikatuko da.

5. HODIAK

5.1 GAINAZALEKO KANALIZAZIO FINKOETAKO HODIAK

Eroale polobakarren sekzio izendatua [mm ²]	Hodien kanpo-diametroa [mm] / Eroale kopurua				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

28. taula. Hodien kanpo-diametro minimoak barnetik joango diren eroale edo kableen kopuruaren eta sekzioaren arabera.

5 eroale baino gehiagoren kasurako edo eroale isolatuentzat edo hodi berean sekzio ezberdineko kableak jartzean, hodien barne-sekzioak, gutxienez, eroaleek duten sekzioa baino 2,5 aldiz handiagoa izan beharko du.

5.2 KANALIZAZIO LANDATUETAKO HODIAK

Eroale polobakarren sekzio izendatua [mm ²]	Hodien kanpo-diametroa [mm] / Eroale kopurua				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

29. taula. Hodien kanpo-diametro minimoak barnetik joango diren eroale edo kableen kopuru eta sekzioaren arabera.

5 eroale baino gehiagoren kasurako edo eroale isolatuentzat edo hodi berean sekzio ezberdineko kableak jartzean, hodian barne-sekzioa, gutxienez, eroaleek duten sekzioa baino 3 aldiz handiagoa izan beharko du.

5.3 AIREKO KANALIZAZIOAK EDO AIRETIK DOAZEN HODIEZ OSATURIKOAK

5 eroale baino gehiagoren kasurako edo eroale isolatuentzat edo hodi berean sekzio ezberdineko kableak jartzean, hodian barne-sekzioa, gutxienez, eroaleek duten sekzioa baino 4 aldiz handiagoa izan beharko du.

Eroaleen sekzio izendatua [mm ²]	Hodien kanpo-diametroa [mm] / Eroale kopurua				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

30. taula. Hodien kanpo-diametro minimoak barnetik joango diren eroale edo kableen kopuruaren eta sekzioaren arabera.

5.4 LURPEKO KANALIZAZIOETAKO HODIAK

Eroale polobakarren sekzio izendatua [mm ²]	Hodien kanpo-diametroa [mm] / Eroale kopurua				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

31. taula. Hodien kanpo-diametro minimoak barnetik joango diren eroale edo kableen kopuruaren eta sekzioaren arabera.

10 eroale baino gehiagoren kasurako edo eroale isolatuentzat edo hodi berean sekzio ezberdineko kableak jartzean, hodian barne-sekzioak, gutxienez, eroaleek duten sekzioa baino 4 aldiz handiagoa izan beharko du.

5.5 LGA HODIAK

Sekzioa [mm ²]		Hodien kanpo-diametroa [mm]
FASEA	NEUTROA	
10	10	75
16	16	75
25	25	110
50	25	125
95	50	140
150	95	160
240	150	200

32. taula. LGA Hodia.

Deribazio kopurua	ZABALERA L [m]	
	0,15 m-ko sakonera lerro bakarrean	0,30 m-ko sakonera bi lerrotan
12rarte	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
36 - 48	2,45	1,35

33. taula. Banakako deribazioen hodiak.

2. GELA PRAKTIKA:
EROALEEN SEKZIO MINIMOA
IRIZPIDE TERMIKOAREN ALDETIK

1. HELBURUA

Banaketa-lineak kalkulatzeari eta dimentsionatzeari dagokionez, lehen atal honetan irizpide termikoari jarraituz egin behar den prozedura azaltzen da, eroaleen sekzio minimoa kalkulatzeko.

Kontuan izan behar da eroale batetik intentsitate bat pasatzen denean eroalea berotu egiten dela (Joule efektua); eroalearen tenperatura oreka-tenperaturara heldu arte igotzen da. Oreka hori hozketa-baldintzen arabera da, eta baldintzak, instalazioaren arabera. Oreka-tenperaturak eroale eta isolatzaileentzat jasagarria izan behar du.

Eroaleek berotzearen arabera izan beharreko sekzioaren kalkulua Behe-tentsioko Araudi Elektroteknikoan (REBT) eta UNE 21.114 eta UNE 20.460 arauetan azaltzen da. Kalkulu horiek intentsitate edo intentsitate-dentsitate maximo onargarriak adierazten dituzten taulen bidez egiten dira, kableen materialen eta instalazioaren baldintzen arabera.

Praktika honen helburua, beraz, taula horietatik abiatuz intentsitate maximo onargarria nola lortzen den ikastea da.

2. SEKZIO MINIMOAREN KALKULU-METODOA IRIZPIDE TERMIKOAREN ALDETIK

Lehen pausoa zein instalazio motaren aurrean gauden identifikatzea da. Aukerak honako hauek dira:

- Aireko sareak (ITC-BT-06).
- Lurpeko sareak (ITC-BT-07).
- Barne-zirkuituak (ITC-BT-19).

2.1 AIREKO SAREAK (ITC-BT-06)

Araudiak bi instalazio mota bereizten ditu:

- Polietileno erretikulatuzko isolatzailea duten kableak (XLPE), espiral ikusgai sortan.
- Eroale biluziak.



2.1.1 POLIETILENO ERRETIKULATUZKO ISOLATZAILEA (XLPE) DUTEN KABLEAK, ESPIRAL IKUSGAI SORTAN

Instalazioaren baldintzak:

- Kable bat.
 - Estaldurarik gabe instalatua.
 - 40 °C-ko giro-tenperaturan.
-
- Aluminio-magnesio-siliziozko (Almelec) aleaziozko neutroa duten kable tenkatuen instalazioetarako: **3. taula.**
 - Altzairuzko neutro fidatzailerik gabeko kable pausatuetarako edo altzairuzko fidatzailedun kable pausatuetarako.
 - Aluminiozko eroalea: **4. taula.**
 - Kobrezko eroalea: **5. taula.**

Adierazitako instalazio-baldintzak betetzen ez direnean, zuzenketa-faktore hauek aplikatu beharko dira:

- Zuzenean eguzkipean dagoenean $\leq 0,9$ (UNE 20.435).
- $(1/4)D-D$ (D sortan dagoen kablearen diametroa = $2,5 \times$ Fase-eroale baten diametroa) bitarteko distantziara dauden kable batzuen pilaketa. **6. taula.** Beste distantzia edo multzokatzeetarako, ikusi UNE 21.144-2-2 araua.
- Giro-tenperaturaren arabera. **7. taula.**

2.1.2 KOBREZKO ETA ALUMINIOZKO EROALE BILUZIAK

Ikusi intentsitate-dentsitate maximo onargarriak dituen **10. taula.**

2.1.3 BESTE KABLE EDO INSTALAZIO-SISTEMA MOTA BATZUK

Ikusi UNE 20.435 araua, edo UNE 21.114 arauari jarraituz kalkulatu.

2.2 LURPEKO SAREAK (ITC-BT-07)

Lurpeko sareetan energia elektrikoa kable isolatu bidez garraiatzen da. Elementu horiek dagokien teoriari buruzko gaian aztertzen dira sakonki. Ondoren, elementu hauen aurkezpen labur bat egiten da.

Kable isolatu polobakar batek osagai horiek ditu:

- Eroalea.
- Isolatzailea.
- Estaldura.

Hiru (edo lau) poloko kable isolatu batek osagai hauek ditu:

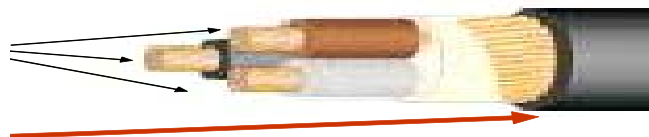
- 3 fase-eroale (edo 3 fase-eroale eta neutrorako eroale bat).
- 3 isolatzaile-geruza, bat eroale bakoitzaren inguruan.
- Estaldura komun bat.

Kable polobakarra

- Eroalea
- Isolatzaila
- Estaldura

**Hiru polodun kablea**

- 3 eroale
- 3 isolatzaile
- Estaldura bat



Araudiak hiru instalazio mota bereizten ditu:

- Zuzenean lurperaturiko kableak.
- Hodi edo antzekoetan doazen kableak.
- Airetik instalaturiko kableak:
 - Galeria arakagarriak.
 - Zanga arakagarriak.
 - Atarjeak edo kanal arakagarriak.
 - Pertsonal baimenduarentzat mugaturiko eraikuntzen barnean, erretiluetan, euskarrietan, tximeletetan edo zuzenean hormari lotuak.

2.2.1 ZUZENEAN LURPERATURIKO KABLEAK

Instalazioaren baldintzak:

- Lurzoruaren tenperatura: 25 °C.
- Lurzoruaren erresistibitate termikoa: 1 K·m/W.
- Kable bat edo elkarrekin kontaktuan dauden kable polobakarrak.
- 0,7 m-ko sakonera.
- Eroaleko tenperatura maximoa:
 - 90 °C isolatzailea hauetariko bat denean:
 - XLPE - Polietileno erretikulatua.
 - EPR - Etileno propilenoa.
 - 70 °C isolatzailea PVCa denean (binil polikloruroa).
- Banaketa trifasikoa.

Eroaleen materialaren arabera:

- Lau poloko kablea aluminiozko fase-eroaleekin eta kobrezko neutroarekin: **11. taula.**

- Aluminiozko eroaleak dituzten kableak: **12. taula.**
- Kobrezko eroaleak dituzten kableak: **13. taula.**

Aurreko instalazio-baldintzak betetzen ez direnean, zuzenketa-faktore hauek aplikatu behar dira:

- Lurzoruaren beste tenperatura bat: **14. taularen** edo $F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$ formularen bidez kalkulatu, θ_s zerbitzu-tenperatura maximoa eta θ_t lurzoruaren tenperatura izanik.
- Beste erresistibitate termiko bat: **15. taula.**
- Kable batzuen multzokatzea: **16. taula.**
- Beste sakonera bat: **17. taula.**
- Bi polobakar edo bi poloko bat: **1,225**eko zuzenketa-faktoreaz biderkatu.

2.2.2 ZANGAN LURPERATURIKO KABLEAK, HODI EDO ANTZEKOEN BARNEAN

11., 12. eta 13. tauletan zuzenean lurperaturikoei aplikaturikoaz gainera, hau gehitu behar da:

- Hodi bakoitzeko zirkuitu bakarra instalaturik doa.
- Hiru poloko kablea edo polobakarren hirukotea hodi barnetik doanean: **0,8**ko zuzenketa-faktorea aplikatu.
- Lau polobakar lau hoditan: **0,9**ko zuzenketa-faktorea aplikatu.
- Hodi multzoentzat multzo motaren araberako zuzenketa-faktorea aplikatzen da, eta kablea erdiko edo kanpoaldeko hodietan dagoenean ezberdina izango da. Kasu bakoitza bakarka aztertu behar da.
- 15 m baino gutxiagoko hodiak, aglomeratu bereziz beteak: **1**eko zuzenketa-faktorea aplikatzen da.

2.2.3 AIREAN INSTALATURIKO KABLEAK (GALERIAK, ZANGA ARAKAGARRIAK, ATARJEAK EDO KANAL ARAKAGARRIAK)

Baldintzak:

- 40 °C-ko giro-tenperatura.
- Kable bat edo elkarrekin kontaktuan dauden kable polobakarrak.
- Airearen berriztatze eraginkorra ahalbidetzen duen kokapena.

- Eroalearen tenperatura maximoa: 90 °C

Eroaleen materialaren arabera:

- Lau poloko kablea aluminiozko eroalearekin eta kobrezko neutroarekin: **18. taula.**
- Aluminiozko kableak: **19. taula.**
- Kobrezko kableak: **20. taula.**

Adierazitako instalazio-baldintzak betetzen ez direnean, zuzenketa-faktore hauek aplikatu behar dira:

- Beste giro-tenperatura bat: **21. taularen** edo $F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}}$ formularen bidez

kalkulatu, θ_s zerbitzu-tenperatura maximoa eta θ_a giro-tenperatura izanik.

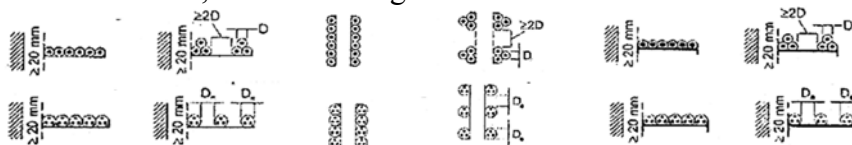
- Kanal edo galeria txikiak: **21. taula.**
- Kable batzuen pilaketa:
 - Polobakarra (neutroa barne, halakorik bada): **22. taula.**
 - Hiru polokoak (lau polokoak, neutrorik bada): **23. taula.**



- Erretilu zulatuen bidez eutsiak:

- Pausatuak:

- Plano horizontalean, gutxienez hormatik 20 mm-ra eta, erretilu batzuen kasuan, gutxienez 300 mm-ko distantzia bertikala haien artean.
- Plano bertikal batean eta, erretilu batzuen kasuan, gutxienez 225 mm-ra horizontalean, erretiluak bata bestearen kontra.
- Erretilu ez-zulatuak, euskarriak... gutxienez hormatik 20 mm-ra.



- Instalatuak:

- Elkarrekin kontaktuan.
- Gutxienez distantzia honetara:
 - Hirusta-itxuran kokatutako kable polobakarren kasuan, 2 aldiz kable polobakar baten diametroa.
 - Hiru poloko kableen kasuan, diametroa.



2.2.4 BESTE SISTEMA EDO KABLEAK

Ikusi UNE 20.435 araua edo UNE 21.114 arauari jarraituz kalkulatu.

2.3 BARNE-ZIRKUITUAK (ITC-BT-19)

26. taulan eta baldintza hauetan:

- 40 °C-ko giro-tenperatura.
- Instalazio-metodoak:
 - Eroale isolatuak horma isolatuetan sarturiko hodietan:

- Polobakarrak.
- Poloaniztunak.



- Eroale isolatuak gainazalean muntatuak doazen hodietan edo obran sartuak (*empotrados*):

- Polobakarrak.
- Poloaniztunak.



- Kable multieroaleak zuzenean horma gainean.
- Kable multieroaleak aire zabalean.
- Kable polobakarrak elkarrekin kontaktuan.
- Kable polobakar banatuak.



- Multzokatzeak
 - 3x zirkuitu trifasikoak.
 - 2x zirkuitu monofasikoak.
- Kable mota (isolatzaile mota):
 - XLPE.

- EPR.
- PVC.

2.3.1 BESTE SISTEMA EDO KABLEAK

Ikusi UNE 20.460-5-523 araua.

2.3.2 EROALEEN IDENTIFIKAZIOA

Eroalea	Kolora		
Neutroa (edo fase-eroale bat neutro izatera pasatuko bada)	Urdina		
Babesa	Horia	Berdea	
Fasea	Marroia	Beltza	Grisa

2.3.3 BABES-EROALEAK

Instalazioko fase- edo polo-eroaleen sekzioa [mm ²]	Babes-eroaleen sekzio minimoa [mm ²]
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(*) Minimoak:

- 2,5 mm², babes-eroaleak elikadura-kanalizazioaren parte ez badira eta babes mekanikoa daukatenean.
- 4 mm², babes-eroaleak ez badira elikadura kanalizazioaren parte bat eta babes mekanikoa ez daukatenean.

Beste baldintza batzuetarako, UNE 20.460-5-54 arauko 543. atala aplikatu beharko da.

3. ADIBIDEA

400 V-eko behe-tentsioko aireko linea trifasiko batean (aluminiozko kable txirikordatuz, XLPEzko isolatzailez eta Almelec materialeko neutro fidatzailez osatua), 0,9ko potentzia-faktore induktiboko 86,6 kW-eko potentzia bat banatu nahi da. Giro-tenperatura 30 °C dela kontuan hartuz, kalkula itzazu fasearen eta neutroaren eroaleek izan beharko duten sekzio minimoa eta araudiei jarraituz garraiatu ahalko duten intentsitate maximoa.

Ebazpena:

Aireko linea bat denez, ITC-BT-06a kontsultatu beharko da. Instrukzio horretan, 3. taulan intentsitate maximo onargarrien balioak aurkezten dira polietileno erretikulatuz (XLPE) isolaturiko kableentzat, zeinak sortan Almelec neutro fidatzailez osatuak baitaude, kable tenkatuen instalazioetarako eta 40 °C-ko giro-tenperaturarako. Beraz, lehen pausoa fase bakoitzetik pasatuko den intentsitatea kalkulatzea izango da:

$$I_{fasea} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{fase-fase} \cdot \cos \varphi} = \frac{86.600}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 138,89 \text{ A}$$

Giro-tenperatura 30 °C-koa denez, 7. taulan datorren zuzenketa-faktorea aplikatu beharko da:

Temperatura (°C)	20	25	30	35	40	45	50
Polietileno erretikulatuz isolatuak	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

30 °C-rako, zuzenketa-faktorea 1,10 da.

Beraz, baldintza horietan beroketa-efektu baliokidea sortzen duen intentsitatea hau izango da: 138,89 / 1,1 = 126,26 A.

Balio hori 3. taulan begiratuta, balio horren gaineratik dagoen lehen intentsitate maximo onargarriari dagokion sekzio normalizatua lortuko da.

Sekzio bakoitzeko eroale kopurua [mm ²]	Intentsitate maximoa [A]
1 x 25 Al/54,6 Alm	110
1 x 50 Al/54,6 Alm	165
3 x 25 Al/54,6 Alm	100
3 x 50 Al/54,6 Alm	150
3 x 95 Al/54,6 Alm	230
3 x 150 Al/80 Alm	305

Balio hori 150 A da, eta dagokion sekzio normalizatua, 50 mm².

Baldintza horietarako intentsitate maximo onargarria 150 x 1,10 = 165 A izango da, behar den baino handiagoa. Beraz, fase-eroaleen sekzio minimo onargarria 50 mm² izango da, eta 30°C-an 165 A-ko intentsitate maximoa onartuko du.

Almelec eroale neutroaren sekzioa 3. taulan dator, eta 54,6 mm izango da.

4. ARIKETA EBATZIAK

1. Behe-tentsioko sare trifasiko batean, fase bakoitzetik 200 A garraiatu nahi dira. Sare trifasikoa fatxada gainean ezarria dago, aluminiozko hiru poloko kable sorta batez osatua dago, XLPEzko isolatzailea du, beste bi kableren paraleloan doa, eta kableak fase-eroale baten diametroaren distantzia bikoitzera banatuak daude bata bestetik. Giro-tenperatura 40°C dela kontuan hartuz, kalkulatu fase-eroaleek izan beharko duten sekzio minimoa eta araudiari jarraituz garraiatu ahalko duten intentsitate maximoa.

- Kable-pilaketetarako zuzenketa-faktorea. 6. taula, 3 kable, 0,8.
- $I_{be} = 200 / 0,8 = 250 \text{ A}$ (I_{be} , beroketa baliokidea sortzen duen intentsitatea).
- 4. taula, 150 mm^2 , 277 A.
- $I_{mo} = 277 \times 0,8 = 221,6 \text{ A}$ (I_{mo} , intentsitate maximo onargarria).

Eraitza: 150 mm², 221,6 A.

2. XLPEzko isolatzailedun kobrezko kable sorta batez osaturiko behe-tentsioko sare trifasiko batean, zeina altzairuzko fidatzailez instalatua baitago, fase bakoitzetik 70 A garraiatu nahi dira. Giro-tenperatura 50 °C dela kontuan hartuz, kalkulatu fase-eroaleen sekzio minimoa eta lineak, araudiei jarraituz, garraia dezakeen intentsitate maximoa.

- Tenperaturaren zuzenketa-faktorea. 7. taula, 50 °C, 0,9.
- $I_{be} = 70 / 0,9 = 77,78 \text{ A}$.
- 5. taula, 16 mm^2 , 95 A.
- $I_{mo} = 95 \times 0,9 = 85,5 \text{ A}$.

Eraitza: 16 mm², 85,5 A.

3. Kobrezko eroale biluziz osaturiko behe-tentsioko linea trifasiko batean, fase bakoitzetik 250 A garraiatu nahi dira. Kalkulatu fase-eroaleen sekzio minimoa eta lineak, araudiei jarraituz, garraia dezakeen intentsitate maximoa.

10. taula:
- 35 mm^2 , $35 \times 5,75 = 201,25 \text{ A}$.
 - 50 mm^2 , $50 \times 5,10 = 255 \text{ A}$.

Eraitza: 50 mm², 255 A.

4. Zer sekzio minimo beharko da 70 A-ko intentsitatea garraiatzeko, hiru poloko kobrezko kable trifasiko bat erabiliz, kontuan izanik polietileno erretikulatuzko isolatzailea duela, tentsio izendatua 1 kV dela, eta hormatik 3 cm-ko distantziara doan erretilu zulatu batean instalatua dagoela, beste bi kablerekin batera, eta 30 °C-ko giro-tenperatura duen gela batean?

- Tenperaturaren zuzenketa-faktorea. 21. taula, 30 °C, 1,1.
- Kable multzoen zuzenketa-faktorea. 23. taula, 3 kable, 0,8.
- $I_{be} = 70 / (1,1 \times 0,8) = 79,75 \text{ A}$.
- 20. taula, 16 mm^2 , 82 A.

$$\bullet \quad I_{mo} = 82 \times 1,1 \times 0,8 = 72,16 \text{ A.}$$

Emaítza: 16 mm², 72,16 A.

5. Hodi barnean lurperaturiko linea batean, zeina lau poloko eta PVCzko isolatzailea duen kobrezko kable trifasiko batez osatua baitago, 34 kW garraiatu nahi dira 0,9ko potentzia-faktore induktiboarekin eta 400 V-eko tentsioan. Lurzoruaren temperatura 20 °C izanik, lurzoruaren erresistibitate termikoa 2 K·m/W dela eta 0,8 m-ko sakoneran lurperatua dagoela jakinik, zein dira sekzio minimoa eta intentsitate maximo onargarria?

$$\bullet \quad I_{fasea} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{fase-fase} \cdot \cos \varphi} = \frac{34.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 54,53 \text{ A}$$

- Temperaturaren zuzenketa-faktorea. 14. taula. Zerbitzu-temperatura: 70 °C; eta giro-temperatura 20 °C, $F=1,05$.
- Erresistibitate termikoa zuzenketa-faktorea. 15. taula, hiru poloko kablea, $F=0,78$.
- 0,8 m-ko sakonerari dagokion zuzenketa-faktorea. 17. taula, $F=0,9$.
- Hodi barnean egoteagatik aplikatu beharreko zuzenketa-faktorea. 3.2 atala, $F=0,8$.
- Zuzenketa-faktore globala, 0,59.
- $I_{be} = 56,41 / 0,59 = 95,66 \text{ A}$.
- 13. taula, 16 mm², 97 A.
- $I_{mo} = 97 \times 0,59 = 57,2 \text{ A}$.

Emaítza: 16 mm², 57,2 A.

6. Kalkulatu aluminiozko lau poloko kable baten intentsitate maximo onargarria, kontuan izanik sekzioa 3x35 + 1x25 mm² dela, polietileno erretikulatuz isolatua dagoela, eta 30 °C-ko temperatura duen lurzorian lurperatua dagoela, lurzoruaren erresistibitate termikoa 1 K·m/W izanik eta sakonera 0,7 m.

- Temperaturaren zuzenketa-faktorea, 14. taula, 90 °C-ko zerbitzu-temperatura eta 30°C-ko giro temperatura, $F=0,96$.
- Hodi barnean egoteagatik aplikatu beharreko zuzenketa-faktorea, 3.2 atala, $F=0,8$.
- Zuzenketa-faktore globala, 0,77.
- 12. taula, 35 mm², 140 A.
- $I_{mo} = 140 \times 0,77 = 107,52 \text{ A}$.

Emaítza: 107,52 A.

7. Zer sekzio beharko dute aluminiozko hiru kable polobakarek 112 A-ko intentsitatea garraiatzeko, kontuan izanik XLPEzko isolatzailea dutela, 1 kV-eko tentsio izendatua dutela, eta fatxada gainean jarriak eta zuzenean eguzkipean daudela?

Emaítza: UNE 21.114 arauari jarraituz kalkulatu.

8. Aluminiozko lau poloko kable sorta batek Almelec neutro fidatzailea du eta XLPEzko isolatzailea,— eta 70 A garraiatu behar ditu, airean instalaturik eta 45 °C-ko giro-temperaturan. Kalkulatu zer sekzio eta intentsitate maximo onargarri beharko diren.

- Temperaturaren zuzenketa-faktorea, 7. taula, 45 °C, 0,95.
- $I_{be} = 70 / 0,95 = 73,88 \text{ A}$.
- 3. taula, 25 mm², 100 A.
- $I_{mo} = 100 \times 0,95 = 95 \text{ A}$.

Emaítza: 3x25 Al / 54,6 Alm, 95 A.

9. Kalkulatu lau poloko aluminiozko eroale sorta baten intentsitate maximo onargarria, kontuan izanik XLPEzko isolatzailea duela, tentsio izendatua 1 kV dela, fase-eroalearen sekzioa duen altzairuzko fidatzaile batez instalatua dagoela (95 mm^2) eta temperatura $50 \text{ }^\circ\text{C}$ dela.

- *Temperaturaren zuzenketa-faktorea, 7. taula, $50 \text{ }^\circ\text{C}$, 0,9.*
- *$I_{mo} = 223 \times 0,9 = 200,7 \text{ A}$.*

Emaizta: 200,7 A.

10. Kalkulatu kobrezko eroalez osaturiko lau poloko kable baten intentsitate maximo onargarria, kontuan izanik $3 \times 25 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$ -ko sekzioa eta PVCzko isolatzailea duela, airean jarria dagoela galeria batean, erretilu horizontal baten gainean, hormatik 3 cm-ra beste bi kablerekin batera, kablearen diametroko distantziara eta $30 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko giro-temperaturan.

- *Temperaturaren zuzenketa-faktorea, 21. taula, $70 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko zerbitzu-temperatura, $30 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko giro-temperatura, 1,15.*
- *Kable multzoari dagokion zuzenketa-faktorea, 23. taula, 3 kable, 1.*
- *20. taula, 25 mm^2 , 87 A.*
- *$I_{mo} = 87 \times 1,15 \times 1 = 100,05 \text{ A}$.*

Emaizta: 100,05 A.

11. Kalkulatu aluminiozko lau poloko kable baten intentsitate maximo onargarria, kontuan izanik XLPEzko isolatzailea duela, tentsio izendatua 1 kV dela, sekzioa 50 mm^2 dela, hodi barnean lurperatua dagoela, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko temperatura dagoela, eta $1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ -ko erresistibitate termikoa duen lurzoruan dagoela $0,7 \text{ m}$ -ko sakoneran.

- *Hodi barnean egoteagatik dagokion zuzenketa-faktorea, 3.1.3 atala, $F=0,8$.*
- *12. taula, 50 mm^2 , 165 A.*
- *$I_{mo} = 165 \times 0,8 = 132 \text{ A}$.*

Emaizta: 132 A.

12. Kalkulatu kobrezko lau poloko kable baten intentsitate maximo onargarria, kontuan izanik PVCzko isolatzailea duela, 1 kV-eko tentsio izendatua dagoela, sekzioa 50 mm^2 dela eta hodi barnean lurperatua dagoela $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko temperaturan, eta $1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ -ko erresistibitate termikoa duen lurzoruan dagoela $0,7 \text{ m}$ -ko sakoneran.

- *Hodi barnean egoteagatik dagokion zuzenketa-faktorea, 3.1.3 atala, $F=0,8$.*
- *13. taula, 50 mm^2 , 180 A.*
- *$I_{mo} = 180 \times 0,8 = 144 \text{ A}$.*

Emaizta: 144 A.

13. Kalkulatu kobrezko lau poloko kable baten intentsitate maximo onargarria, kontuan izanik PVCzko isolatzailea duela, 1 kV-eko tentsio izendatua dela, sekzioa 35 mm^2 dela eta zuzenean beste kable batekin 8 cm -ko distantziara lurperatua dagoela, $30 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko temperaturan, $1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ -ko erresistibitate termikoa duen lurzoru batean $0,7 \text{ m}$ -ko sakoneran.

- *Temperaturaren zuzenketa-faktorea, 14. taula, 70 °C-ko zerbitzu-temperatura, 30 °C-ko giro-temperatun, 0,94.*
- *Kable-pilaketari dagokion zuzenketa-faktorea, 16. taula, 2 kable, 0,85.*
- *13. taula, 35 mm², 150 A.*
- *$I_{mo} = 150 \times 0,94 \times 0,85 = 119,85$ A.*

Emaita: 119,85 A.

14. Kalkula itzazu beharrezkoa den sekzioa eta intentsitate maximo onargarria EPRzko isolatzailedun kobrezko kable polobakarren hirukote batentzat, kontuan izanik 1 kV-eko tentsio izendatua duela, zanga batean lurperatua dagoela, 200 °C·cm/W-ko erresistibitate termikoa duen lurzoru batean, 25 °C-ko temperaturan eta 1 m-ko sakoneran, garraiatu behar den intentsitatea 100 A-koa bada.

- *Erresistibitate termikoari dagokion zuzenketa-faktorea, 15. taula, hiru poloko kablea, $F=0,75$.*
- *1 m-ko sakoneran egoteagatik aplikatu beharreko zuzenketa-faktorea, 17. taula, $F=0,97$.*
- *Zuzenketa-faktore globala, 0,73.*
- *$I_{be} = 100 / 0,73 = 137,46$ A.*
- *13. taula, 25 mm², 155 A.*
- *$I_{mo} = 155 \times 0,73 = 112,76$ A.*

Emaita: 25 mm², 112,76 A.

15. Hodi barnean doan 16 mm²-ko sekzioko eta PVCzko isolatzailedun kobrezko 2 eroale polobakarrez osaturiko barne-zirkuitu batean, kalkulatu intentsitate maximo onargarria 40 °C-ko giro-temperaturan.

- *26. taula, hodi barnean, polobakarrak: B lerroa; monofasikoa eta PVC: 5. zutabea.*
- *Sekzioa 16 mm², 66 A.*

Emaita: 66 A.

16. Hodi barnean doan barne-zirkuitu batean 10 mm²-ko kobrezko 4 eroale polobakar (3 fase + neutroa) erabiltzen dira. Kalkulatu intentsitate maximoa 30 °C-ko giro-temperaturarako.

Emaita: UNE 20.460-5-523 araua ikusi.

17. Kalkula ezazu intentsitate maximo onargarria 35 mm²-ko sekzioa eta EPRzko isolatzailea dituen kobrezko lau poloko kable batean, barne-zirkuitu baten kasuan, hodi barnean eta 40 °C-ko temperaturan.

- *26. taula, hodi barnean eta poloaniztunak: B2 lerroa; monofasikoa eta PVC: 6. zutabea.*
- *35 mm²-ko sekzioa, 110 A.*

Emaita: 110 A.

18. Horma isolatzailean 10 mm²-ko sekzioko kobrezko 2 eroale polobakarrez osaturiko hodi barneko barne-instalazio batean, eroaleak XLPEzko isolatzailedunak izanik, kalkulatu intentsitate maximo onargarria 40 °C-ko giro-temperaturarentzat.

- *26. taula, horma isolatzailea, polobakarrak: A lerroa; monofasikoa eta XLPE: 6. zutabea.*
- *10 mm²-ko sekzioa, 52 A.*

Emaita: 52 A.

19. Kalkulatu 40 °C-ko giro-tenperaturarako intentsitate maximo onargarria, barne-instalazio monofasiko baterako, horman zuzenean sartutako 25 mm²-ko sekzioko kobrezko kable multieroale PVCzko isolatzaileduna erabiliz.

- 26. taula, horma gaineko multieroalea: C lerroa; monofasikoa eta XLPE: 6. zutabea
- 25 mm²-ko sekzioa, 88 A.

Eraitza: 88 A.

20. Demagun barne-instalazio trifasiko bat dugula, 50 mm²-ko sekzioko kobrezko kable polobakarrez osatua, XLPEzko isolatzaileduna eta kablearen diametroaren bikoitzera banatua. Kalkulatu intentsitate maximo onargarria 40 °C-ko giro-tenperaturarako.

- 26. taula, polobakar banatuak: G lerroa; trifasikoa eta XLPE: 11. zutabea.
- 50 mm²-ko sekzioa, 250 A.

Eraitza: 250 A.

5. PROPOSATURIKO ARIKETAK

1. Almelec neutro fidatzailea eta XLPEz isolatutako aluminiozko lau poloko kable sorta batek, airean instalatua eta 45°C-ko giro tenperaturan, 100 A garraiatu behar ditu. Kalkulatu beharko den sekzioa eta intentsitate maximo onargarria.

Emitza: 3x50 Al / 54,6 Alm 142,5 A.

2. Kalkulatu barne-zirkuitu baten intentsitate maximo onargarria, kobrezko lau poloko kable batentzat, EPR isolatzailea, 25 mm²-ko sekzioa, hodi barnean eta 40°C-ko giro tenperaturan.

Emitza: 88 A.

3. Hodi barnean lurperaturiko lurrazpiko linea bat kobrezko lau poloko kable trifasikoaz osaturik dago, eta PVCzko isolatzailea du. 40 kW garraiatu nahi dira 0,9ko potentzia-faktore induktiboarekin 400 V-eko tentsioan. Lurzoruko tenperatura 15°C izanik, lurzorua erresistibitate termikoa 2,5 K·m/W eta sakonera 0,9 m, zeintzuk dira sekzio minimoa eta intentsitate maximo onargarria?

Emitza: 25 mm² 77,23 A.

4. Barne-instalazio trifasiko batean 50 mm²-ko sekzioa duten kobrezko kable polobakarrak erabili dira, PVCzko isolatzailedunak eta kablearen diametroaren bikoitzeko distantziara banatuak. Kalkulatu intentsitate maximo onargarria 40 °C-ko giro tenperaturan.

Emitza: 175 A.

5. Fatxada gainean jarritako behe-tentsioko sare bat XLPEzko isolatzailedun aluminiozko bi kable sortaz osatua dago, kable sortak fase-eroale baten diametroaren distantziaren bikoitzera banatuak daudela, eta 150 A garraiatu nahi dira fase bakoitzetik. Giro-tenperatura 40 °C dela kontuan izanik, kalkulatu fase-eroaleen sekzio minimoa eta intentsitate maximo onargarria.

Emitza: 95 mm² 184,23 A.

6. Kalkulatu 1 kV-eko tentsio izendatua eta XLPEzko isolatzailea duen aluminiozko lau poloko eta 35 mm^2 -ko sekzioko kable baten intentsitate maximo onargarria, hodi barnean lurperatua dagoenean $18 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko tenperaturan, $1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ -ko erresistibitate termikoa duen lurzoru batean, $0,6 \text{ m}$ -ko sakoneran.

Emitza: 119,06 A.

7. Kalkulatu 50 mm^2 -ko sekzioko aluminiozko hiru poloko kable baten intentsitate maximo onargarria, polietileno erretikulatuz isolatua dagoenean hodi lurperatu barnean instalatua $30 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko tenperaturan $0,7 \text{ m}$ -ko sakoneran, lurzoruaren erresistibitate termikoa $1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ -koa izanik.

Emitza: 126,72 A.

8. Kalkulatu aluminiozko hiru kable polobakarren sekzioa, kableak EPRzko isolatzailedunak eta 1 kV-eko tentsio izendatukoak izanik, fatxada gainean jarriak, zuzenean eguzkiaren kontra, 150 A -ko intentsitatea garraiatu nahi bada.

Emitza: UNE 21.114.

9. Kalkulatu lau poloko kobrezko kable baten intentsitate maximo onargarria, sekzioa $3 \times 35 + 1 \times 25 \text{ mm}^2$ izanik, PVCzko isolatzaileduna, airean jarria galeria batean erretilu horizontal baten gainean, hormatik 3 cm -ko distantziara beste bi kablerekin, kablearen diametroko distantziara banatuak eta $30 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko giro-tenperaturan.

Emitza: 120,75 A.

10. Hodi barneko barne-zirkuitu bat 25 mm^2 -ko sekzioko kobrezko 3 eroale polobakarrez osatua dago, eta eroaleak PVCzko isolatzailea dute. Kalkulatu intentsitate maximo onargarria $40 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko giro-temperaturarako.

Emitza: 77 A.

**3. GELA PRAKTIKA:
EROALEEN SEKZIO MINIMOA
IRIZPIDE TERMIKOA ETA TENTSIO-
ERORKETA MAXIMOAREN
IRIZPIDEEN KONBINAKETAZ.
LINEA MONOFASIKO ETA
TRIFASIKOAK.
SEKZIO UNIFORMEKO LINEA
IREKIAK**

1. HELBURUA

Eroaleen sekzio minimoaren kalkuluan hiru faktore hauek izan behar dira kontuan:

1. Eroalearen beroketa. Intentsitatearen zirkulazioak sorturiko beroketa murrizteko, eroaletik doan intentsitate-dentsitatea mugatu egin behar da. Irizpide horrek eroaleko intentsitate maximo onargarria finkatzen du, eta aurreko praktikan aztertu da.
2. Eroalean onartutako tentsio-erorketa maximoa. Tentsioaren jaitsierak hargailuen funtzionamenduan sor ditzakeen efektuak ekiditeko, tentsio-erorketa, mugatu behar da, funtzionamendu-egokia izan dadin, hargailuak tentsio izendatuaz elikatu behar direlako.
3. Eroaleak zirkuitulabur-intentsitateak jasateko duen gaitasuna. Zirkuitulabur-intentsitatea mugatu beharra dago, balio handi batek eroalea gehiegi berotu dezakeelako, izugarritzko esfortzu elektrodinamikoak eragiteaz batera. Behe-tentsioko barne-zirkuituetan, elikaduraren transformazio-zentrotik urrun, irizpide hau ez da kontuan izaten sekzioa kalkulatzeko, intentsitatearen balioa eta sorturiko beroketa ez direlako balio arriskutsuetara helduko zirkuitulaburren aurkako babesek lan egin aurretik.

Praktika honetan bigarren irizpidea aztertuko da, lehen irizpidearekin konbinatuz banaketa-lineetako eroaleen dimentsionatze egokia egin ahal izateko. Ondoren, banan-banan aztertuko dira linea monofasikoen eta trifasikoen tentsio-erorketak.

2. PROZEDURA

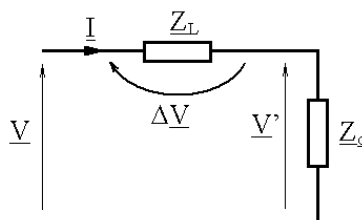
Linea monofasiko eta trifasikoen tentsio-erorketak kalkulatzeko formulek egitura antzekoa dute, eta kable isolatuen kasurako tentsio-erorketaren adierazpenetik oso erraz lortzen dira (kasu hori ondorengo atalean frogatuko da).

2.1 TENTSIO-ERORKETA KABLE ISOLATUAN

1. irudian agertzen den zirkuitu banatzaileaz hau idatz daiteke:

$$\left. \begin{array}{l} \underline{V} = \underline{Z}_L \cdot \underline{I} + \underline{V}' \\ \underline{V}' = \underline{Z}_K \cdot \underline{I} \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{V}' = \frac{\underline{Z}_K}{\underline{Z}_K + \underline{Z}_L} \cdot \underline{V} \quad (1)$$

$\underline{Z}_K = R_K + j \cdot X_K = Z_K \angle \varphi_K$ eta $\underline{Z}_L = R_L + j \cdot X_L = Z_L \angle \varphi_L$ kargaren eta linearen inpedantziak izanik. Adierazpen sinplifikatuen kalkulurako, praktikan $R_L \ll R_K$, $X_L \ll X_K$ eta $Z_L \ll Z_K$ direla hartuko da kontuan. Gainera, $\underline{V}' = V' \angle 0^\circ$ dela jo daiteke orokortasuna galdu gabe..



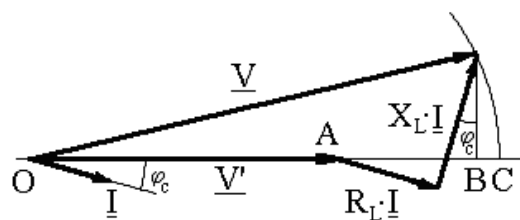
1. irudia. Linea- eta karga-inpedantziak dituen zirkuitu monofasikoa.

2. irudian (1) ekuazioei dagokion 1. irudiko zirkuituaren diagrama fasoriala adierazten da. Kargan izango den tentsio-erorketa $u \equiv V - V' = \overline{OD} - \overline{OA} = \overline{AD}$ adierazpenaren bidez definituko da¹.

Praktikan, $u = \overline{AD} \approx \overline{AB} = I \cdot (R_L \cdot \cos \varphi_K + X_L \cdot \sin \varphi_K)$ adierazpen sinplifikatua erabiliko da (Kapp-en² formula).

¹ Hau definizio posibleetariko bat da; dena den, kontuan izan $u \equiv V - V' \neq |\Delta V| = \left| \underline{V}' - \underline{V} \right|$ dela.

² Elektroteknia II ikasgaiaren, transformadoreen erregulazioa aztertzean ikusitako hurbilketa.



2. irudia. 1. irudian agertzen den zirkuituari dagokion diagrama fasoriala (ez dago eskalan).

Frogapena:

$$\begin{aligned}
 u &= V - V' = V \cdot \left(1 - \frac{Z_K}{Z_K + Z_L}\right) = V' \cdot \left(\frac{Z_K + Z_L}{Z_K} - 1\right) = \\
 &= V' \cdot \left(\sqrt{\frac{Z_L^2 + Z_K^2 + 2 \cdot Z_L \cdot Z_K \cdot \cos(\varphi_K - \varphi_L)}{Z_K^2}} - 1\right) \quad (2)
 \end{aligned}$$

Orain, $\frac{Z_L}{Z_K}$ serie-garapena³ eginez lehen ordenako terminoak bakarrik hartuz,

$$u \approx V' \cdot \frac{Z_L}{Z_K} \cdot \cos(\varphi_K - \varphi_L) = I \cdot (R_L \cdot \cos \varphi_K + X_L \cdot \sin \varphi_K), \quad R_L = Z_L \cdot \cos \varphi_K \quad \text{eta}$$

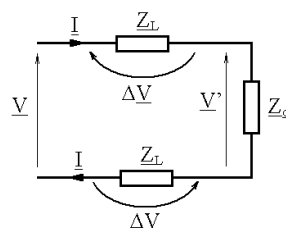
$X_L = Z_L \cdot \sin \varphi_K$ adierazpenak erabiliz. Praktikan, kargak ez dira erreaktiboak izaten, hots, $\varphi_C \approx 0$; ondorioz, adierazpena hau izango da:

$$u = R_L \cdot I \cdot \cos \varphi_K = \left(\frac{L}{\gamma \cdot s}\right) \cdot I \cdot \cos \varphi_K \quad (3)$$

L, s eta γ linearen luzera, sekzio konstantea eta konduktibitatea (metalarena) dira. Eroale erabilienean materialak kobrea eta aluminioa dira, eta haien konduktibitateak, 20 °C-an, hauek dira: $\gamma_{Cu} = 56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ eta $\gamma_{Al} = 35 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$. Hots, 1 mm²-ko sekzioko 56 m kobre beharko dira 1 A-ko intentsitatea garraiatzean 1 V-eko tentsio-erorketa sortzeko.

³ Gogoratu garapen horrek adierazpen hau duela: $\sqrt{1+x} = 1 + \frac{x}{2} + O(x^2)$

2.2 TENTSIO-ERORKETA LINEA MONOFASIKOAN



3. irudia. Zirkuitu monofasiko baten inpedantzien definizioa (joan eta etorria).

Tentsio-erorketaren adierazpen sinplifikatua aurreko atalean kalkulaturakoaren berdina da, 2 faktorea salbu, itzulerako kablearen inpedantzia kontuan hartu delako kasu honetan:

$$\begin{aligned} \underline{V} &= \underline{V}' + 2 \cdot \underline{Z}_L \cdot \underline{I} \Rightarrow u = V - V' \approx 2 \cdot R_L \cdot I \cdot \cos \varphi_K = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi_K}{\gamma \cdot s} = \\ &= \frac{2 \cdot L \cdot (V \cdot I \cdot \cos \varphi_K)}{\gamma \cdot s \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot s \cdot V} \end{aligned} \quad (4)$$

$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi_K$ instalazioak kontsumitzen duen potentzia aktibo monofasikoa izanik.⁴ “Momentu elektrikoa” $M \equiv P \cdot L$ adierazpenarekin definitzen bada, adierazpen hau lortuko da (1F azpindizea tentsio monofasikoa izanik):

$$\boxed{u_{1F} = \frac{2 \cdot M}{\gamma \cdot s \cdot V} \Leftrightarrow S = \frac{2 \cdot M}{\gamma \cdot u_{1F} \cdot V}} \quad (5)$$

Beraz, eroalearen sekzioa tentsio-erorketa onargarriaren mende egongo da. Energia elektrikoa banatzen duten enpresek BTko banaketa-lineen tentsio-erorketa maximoa %5era mugatzen dute. Barne-instalazioetan (ITC-BT-19), etxebizitzaren kasurako, tentsio-erorketak % 3 baino txikiagoa izan behar du instalazioaren jatorritik, batera funtziona dezaketen aparailu guztiak kontuan izanik. Beste barne-instalazioen kasuan, % 3 izango da argiztapenerako eta %5 beste zerbitzuetarako. ETko instalazio industrialetan, beren jabetzako transformadorez elikatua daudenean, muga horiek % 4,5 eta % 6,5 dira, hurrenez hurren.

⁴ Adierazpen honek komentario bat behar du. Kargak kontsumituriko potentzia aktiboa $P_K = V' \cdot I \cdot \cos \varphi_K$ da, eta lineak kontsumiturikoa $P_L = 2 \cdot R_L \cdot I^2 \approx 2 \cdot R_L \cdot I^2 \cdot \cos^2 \varphi_K$. Hala, instalazioak kontsumituriko potentzia osoa $P_T = P_K + P_L \approx I \cdot \cos \varphi_K \cdot (V' + 2 \cdot I \cdot R_L \cdot \cos \varphi_K) = I \cdot \cos \varphi_K \cdot (V' + u)$ da. Beraz, $P_T \approx V \cdot I \cdot \cos \varphi_K$, eta $V - V' = \varphi_K$ erradian aurreratzen du (ikusi 2. irudia).

Oro har, luzera txikiko lineetan beroketaren irizpidea tentsio-erorketarena baino murriztaileagoa da, eta luzera handiko lineetan alderantzizkoa gertatzen da. Ondorengo ataleko adibideko grafikoetan erraz ikusten da hori.

Esanenez, BTko lineak kalkulatzeko, bi irizpideak izan behar dira kontuan eta lortutako sekzio handiena baino handiagoa den sekzio normalizaturik txikiena aukeratu.

2.2.1 LINEA MONOFASIOKOAREN ADIBIDEA

Kalkulatu 230 V, 50 Hz-eko linea monofasiko baten eroaleen sekzioa, % 1eko tentsio-erorketarekin 30 A-ko kontsumoa duen instalazio bat elikatzen duenean, potentzia-faktorea 1 izanik. Eroaleak kobrezkoak dira, polobakarrak, PVCzko isolatzaileak, 750 V-ekoak, hodi barnean lurperatuak, 42 m luzekoak eta 40 °C-ko tenperaturan.

Ebazpena:

Tentsio-erorketa, $u = 2,3$ V da; beraz, eroalearen sekzioa hau izango da:

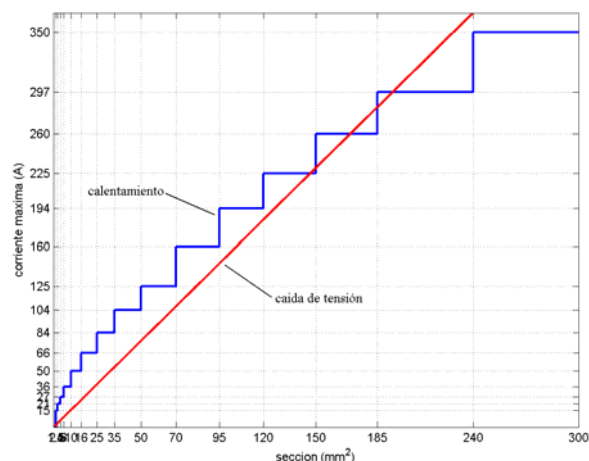
$$s = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi_K}{\gamma \cdot u} = \frac{2 \cdot 42 \cdot 30 \cdot 1}{56 \cdot 2,3} = 19,57 \text{ mm}^2$$

Balio horren gainetik dagoen sekzio normalizatu hurbilena 25 mm²-koa da (barne-zirkuituak, 26. taula, B zutabea, 2xPVC, 5. kasua), eta ITC-BT-19 instrukzioari begiratuz eta 40 °C-ko giro tenperaturarako 84 A-ko intentsitate maximoa onartzen du, eroaletik joango den 30 A-ko intentsitatea baino handiagoa.

Ariketa hau grafikoki ebatziz, 4. irudian intentsitate maximoa sekzioaren funtzio moduan adierazi da, beroketari (REBTko taulak) eta tentsio-erorketari (5. ekuazioa) jarraituz:

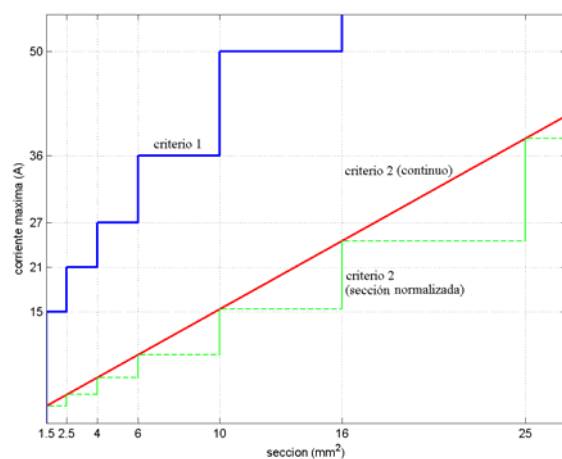
$$I = \left(\frac{u \cdot \gamma}{2 \cdot \cos \varphi_K \cdot L} \right) \cdot s$$

Ikustenenez, L handitzean zuzenaren malda txikitu egiten da, eta alderantziz. Bestalde, azpimarratu beharra dago s sekzioa ez dela aldagai jarraitua baizik eta diskretua.

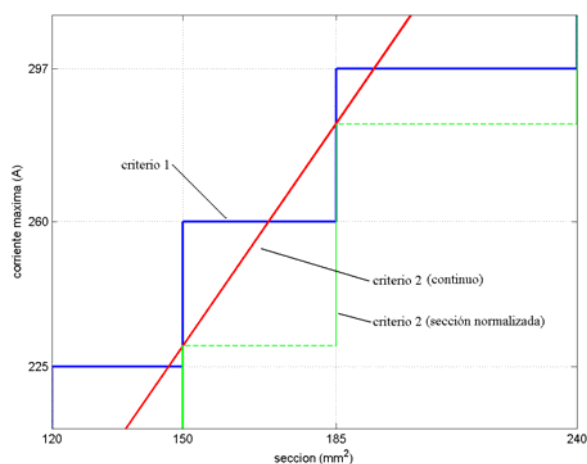


4. irudia. Irizpide-alderaketa eroalea dimentsionatzeko.

5. irudia 4. irudiaren handipen bat da, enuntziatuaren intentsitatearen inguruan (30 A) adibidean proposaturiko ariketa erosoago ebazteko. Sekzioaren diskretizazioa ere kontuan izan da bigarren irizpidean. Azkenik, 6. irudian bi irizpideak elkartzen diren inguruaren handipen bat egin da.

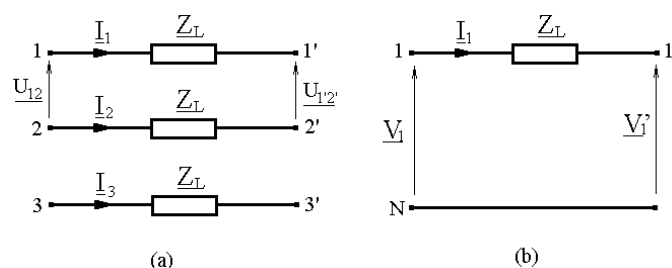


5. irudia. Adibideko ariketaren ebazpen grafikoa.



6. irudia. Irizpideen trukea.

2.3 TENTSIO-ERORKETA LINEA TRIFASIKOAN (Orekatua eta Simetrikoa)



7. irudia. (a) zirkuitu trifasiko eta orekatua eta (b) beraren monofasiko baliokidea.

Zirkuitu trifasikoa 7a irudian dago eskematikoki adierazia. Ariketa hau ebazteko erarik errazena zirkuitua 7b irudian adierazitako monofasiko baliokide bihurtzea da, bigarren zirkuitu horretan tentsio-erorketa (3) ekuazioaren bidez kalkulatu delako. Beraz:

$$\begin{aligned}
 u_{3F} &= U_{12} - U_{1'2'} = \sqrt{3} \cdot (V_1 - V_{1'}) = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi_K}{\gamma \cdot s} \\
 &= \frac{L \cdot (\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi_K)}{\gamma \cdot s \cdot U} = \frac{M}{\gamma \cdot s \cdot U} \quad (6)
 \end{aligned}$$

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi_K$ instalazioak kontsumitzen duen potentzia aktibo trifasikoa izanik, U faseen arteko tentsio konposatua eta $M \equiv P \cdot L$ momentu elektrikoa. Ekuazioa garatuz (3F trifasikoa adierazteko erabili da):

$$\boxed{u_{3F} = \frac{M}{\gamma \cdot s \cdot U} \Leftrightarrow s = \frac{M}{\gamma \cdot u_{3F} \cdot U}} \quad (7)$$

2.3.1 LINEA TRIFASIKOAREN ADIBIDEA

a) Kalkula ezazu 10 kW, 400 V, $\cos \varphi = 08$ ezaugarriak dituen hartzaile trifasiko bat elikatzeko lineak zer sekzio izan behar duen s 400 V eta 50 Hz-eko sare trifasiko batera konektatzen denean. Linea 40 m luzeko hiru poloko kable bat da, PVCz isolaturiko kobrezko eroaleak dituena, 750 V-ekoak, gainazalean muntaturik doan hodi barneko barne-kanalizazioan. Tentsio-erorketa onargarria %1 da, eta instalazioaren tenperatura 40 °C.

- b) Aurreko ataleko baldintzetan, kalkula ezazu aukeratutako eroaleak garraia dezakeen potentzia maximoa.

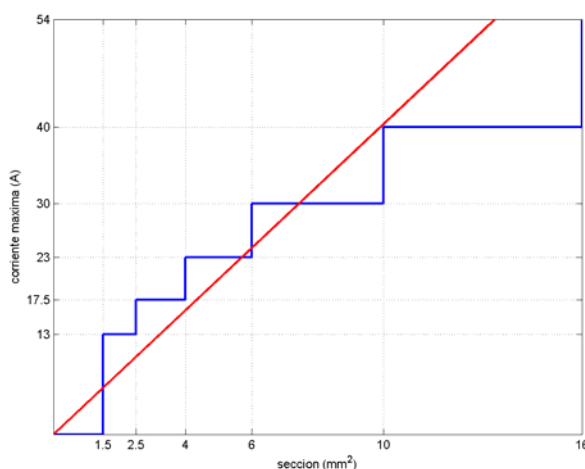
Ebazpena:

a) $u = 4,0 \text{ V}$ eta $s = \frac{M}{\gamma \cdot U \cdot u} = \frac{40 \cdot 10 \cdot 10^3}{56 \cdot 400 \cdot 4,0} = 4,46 \text{ mm}^2$. Hura baino handiagoa den sekzio

normalizaturik txikiena 6 mm^2 -koa da, eta, ITC-BT-19ko 26. taulari begiratu, 30 A -ko intentsitate maximoa onartzen du (B2 muntaia, 3xPVC, 3. kasua). Eroaetik pasatzen den intentsitatea

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_K} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 18 \text{ A}$$
 da. Araudiak onartzen duen maximoa baino

txikiagoa denez, aukeraturiko sekzioa onargarria izango da. 8. irudia aztertuz, emaitza berera hel daiteke.



8. irudia. I_{\max} vs S adibideko zirkuitu trifasikoaren kasurako eta bi irizpideen arabera (3. kasua, 26. taula, ITC-BT-19).

Grafika hauetan bi modutan sar gaitezke: intentsitatearen balio batetik abiatuta sekzio maximoa hartuz; edo sekzioaren balio batetik abiatuta intentsitate minimoa hartuz.

- b) 6 mm^2 -ko eroalea aukeratu ondoren, $I_{\max} = 30 \text{ A}$ -ri dagokion P_{\max} balioa zuzenean kalkula daiteke, $P_{\max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max} \cdot \cos \varphi_K = 16,6 \text{ kW}$. Ondoren, balio horri loturiko tentsio-erorketa

kalkulatuz $u = \frac{M}{\gamma \cdot U \cdot s} = 4,95 \text{ V} \rightarrow \%1,23$ emaitzak ez ditu enuntziatuaren baldintzak beteko.

Kasu honetan, 2. irizpidea murrizgarriagoa da. Beraz,

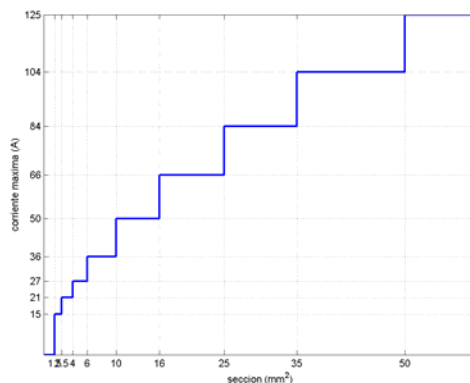
$$P_{\max} = \frac{s \cdot \gamma \cdot U \cdot u}{L} = \frac{6 \cdot 56 \cdot 400 \cdot 4}{40} = 13,44 \text{ kW},$$
 eta, kasu horretarako,

$$I_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_K} = \frac{13,44 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 24,25 \text{ A}$$
 da. Argi dago kalkulu-prozesu hori askoz

errazagoa eta zuzenagoa dela 8. irudia erabiliz. Sekzio horretarako, 2. irizpidea 1. irizpidearen azpitik geratzen dela ikusten da. Gainera, kalkulatu berri den puntua bi kurba horien ebakitze-puntua da. Ikus daitekeen moduan, 10 mm^2 -ko eroale baten kasuan egoera alderantzizkoa da, eta irizpide termikoak du pisu handiena.

3. PROPOSATURIKO ARIKETAK

1. Birkalkulatu linea monofasikoaren adibideko sekzioa luzera berria 25 m izanik, eta xurgaturiko intentsitatea: a) 87 A, b) 97 A. Ariketa numerikoki eta grafikoki egin, 9. irudiaren laguntzaz.



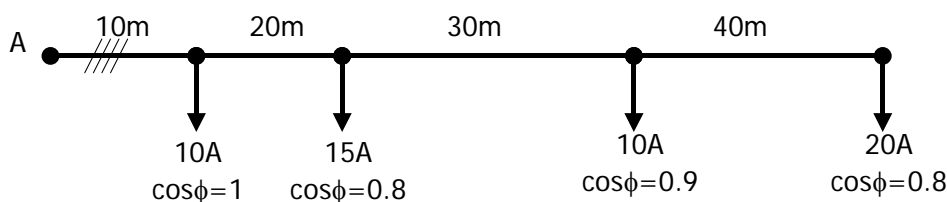
9. irudia. Intentsitate maximoak vs sekzioak barne-zirkuituetarako (5. kasua, ITC-BT-19ko 26. taula).

2. Birkalkulatu linea trifasikoaren adibideko sekzioa luzera berria 32 m denean eta potentzia-faktorea 1 denean. Sekzio horretarako, zein da intentsitate maximo onargarria?

ARIKETA	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Linea:	Mono	Mono	Mono	Mono	Tri	Tri	Tri	Tri	Tri
Tentsio [V]:	230	230	230	230	400	400	400	400	400
Frekuentzia [Hz]:	50	50	50	50	50	50	50	50	50
cos φ:	1	0,9	0,86	1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,86
Materiala:	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Al	Cu	
Mota:	Polobakarrak	Polobakarrak	Polobakarrak	Polobakarrak	Hiru polokoak	Polobakarrak	Polobakarrak	Hiru polokoak	Lau polokoak
Isolatzaila:	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	XLPE	XLPE
Isolamendu-maila [V]:	750	750	750	750	750	750	750	550	
Instalazioa:	Hodi barnean sartua	Hodi barnean sartua	Hodi barnean sartua	-----	Hodi barnean, lurrazalean	----	----	Hodi barnean barnekoa	----
Luzera [m]:	40	25	20	20	40		60	40	70
Tentsio-erorketa [%]:	%1	%0,5	%2		%1	%1		%1,5	%1
Intentsitatea [A]:	30	15				¿?	48	32	78
Potentzia [kW]:			4	10	10	7			
Sekzioa beroketagatik [mm ²]:				-----		----	---		----
Sekzioa tentsio-erorketagatik [mm ²]:				-----		----	----		
Sekzioa [mm ²]:				16		10	16		

4. SEKZIO UNIFORMEKO LINEA IREKIAK

Praktikaren zati hau ariketa praktiko baten ebazpenaren bitartez azalduko da. Biz irudiko linea trifasikoa, 400 V-eko tentsioan elikatua. Eroaleak aluminiozkoak dira, sortan, polietileno erretikulatuz isolatuak, aireko instalazioan eta altzairuzko fidatzailez jarriak. Linea hau beste birekin batera multzokatua doa, lineatik diametro erdiko distantziara eta zuzenean eguzkipean. Onarturiko tentsio-erorketa maximoa % 2 da. Kalkulatu sekzioa.



Altzairuzko fidatzailez tenkaturiko aireko banaketako kablea dela jakinik, dagokion taula 4.a izango da, eta zutabea “altzairuzko fidatzailez tenkatua”.

Gainera, beste birekin multzokatua dago eta eguzkipean; beraz, pilaketagatik dagokion zuzenketa-faktorea aplikatu behar zaio (0,8) eta eguzkipean egoteagatik dagokiona (0,9). Bien biderkadura $0,8 \cdot 0,9 = 0,72$ da.

Potentzia aktibo eta erreaktiboa kalkulatu:

$$P_i = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_i \cdot \cos \varphi_i \quad Q_i = P_i \cdot \frac{\sqrt{1 - (\cos \varphi_i)^2}}{\cos \varphi_i}$$

$$\begin{array}{llll} P_1=6,928 \text{ kW} & P_2=8,314 \text{ kW} & P_3=6,235 \text{ kW} & P_4=11,085 \text{ kW} \\ Q_1=0 \text{ kVAr} & Q_2=6,235 \text{ kVAr} & Q_3=3,02 \text{ kVAr} & Q_4=8,314 \text{ kVAr} \end{array}$$

$$P_T = \sum_{i=1}^4 P_i = 32,563 \text{ kW} \quad Q_T = \sum_{i=1}^4 Q_i \cdot \frac{\sqrt{1 - (\cos \varphi_i)^2}}{\cos \varphi_i} = 17,569 \text{ kVAr}$$

Eta, potentzietatik abiatuz, intentsitate erreala:

$$S_T = P_T + j \cdot Q_T \Rightarrow I = \frac{|S_T|}{U \cdot \sqrt{3}} = 53,405 \text{ A}$$

Zuzenketa-faktoreak kontuan izanik, hau da sekzioa aukeratzeko intentsitatea:

$$I_{AUKERA} = \frac{I}{0,72} = 74,173 \text{ A}$$

Taulan begiraturaz, 4x25 Al-eko sekzioa dagokio, eta 97 A-ko intentsitate maximoa dagokio baldintza izendatuetan. Gure ariketako baldintzetan, hau da intentsitate maximo onargarria:

$$I_{AUKERA} = 97 \text{ A} \cdot 0,72 \Rightarrow I_{AUKERA} = 69,84 \text{ A}$$

Tentsio-erorketari dagokionez, tentsio izendatuaren % 2ko erorketa onartzen da, hots, 8 V.

Momentu osoa hau izango da:

$$M = \sum_{i=1}^4 P_i \cdot L_i = 1,801 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot \text{m}$$

Ondoren, sekzio zehatza kalkulatzen da:

$$s = \frac{M}{\gamma_{Al} \cdot \Delta U \cdot U} = 16,083 \text{ mm}^2$$

Eta 25 mm²-ko sekzio normalizatuari dagokio.

Irizpide biak kontuan hartuz, linearako 25 mm²-ko sekzioa aukeraten da, zeinak, ariketako baldintzetan, 69,84 A-ko intentsitate maximoa onartzen baitu.

Intentsitate errealak, aukeraturiko sekzioarekin, tentsio-erorketa hau sortuko du:

$$\Delta U = \frac{M}{\gamma_{Al} \cdot s \cdot U} = 5,147 \text{ V}$$

Eta portzentualki:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U} = \%1,287$$

Emitza-taula

DATUA	BALIOA
Sekzioa intentsitate-dentsitateagatik:	
• Taula:	
➤ Zenbakia: _____	4
➤ Lerroa (egonez gero): _____	
➤ Zutabea (egonez gero): _____	Jarria
• Zuzenketa-faktoreak:	
➤ 1. Faktorea:.....kable-pilaketa.....	0,8
➤ 2. Faktorea:.....eguzkiari begira.....	0,9
➤ 3. Faktorea:.....	
➤ 4. Faktorea:.....	
➤ 5. Faktorea:.....	
➤ Faktore globala: _____	0,72
• Potentzia aktiboa [kW]: _____	32,563
• Potentzia erreaktiboa [kVAr]: _____	17,569
• Intentsitate erreala [A]: _____	53,4
• Sekzioa aukeratzeko intentsitatea [A]: _____	74,2
• Sekzioa [mm ²]: _____	4x25 Al
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	69,84
Sekzioa tentsio-erorketagatik:	
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [V]: _____	8
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [%]: _____	2
• Momentu elektrikoa [W·m]: _____	1.801x10 ⁶
• Sekzio zehatza tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	16,083
• Sekzio normalizatua tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	25
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	69,84
Emitza:	
• Sekzioa [mm ²]: _____	25
• Tentsio-erorketa erreala [V]: _____	5,14
• Tentsio-erorketa erreala [%]: _____	1,28

5. ARIKETA EBATZIAK

1. 230 V, 50 Hz-eko linea monofasiko batek 15 A-ko kontsumoa duen instalazio bat elikatzen du 0,9ko potentzia-faktorearekin (atzeratua). Eroaleak polobakarrak dira, kobrezkoak, binil polikloruroz isolatuak 750 V-erako eta hodi barneko kanalizazioan sartuak, 25 m-ko luzerakoak. Kalkulatu eroaleen sekzioa % 0,5eko tentsio-erorketa onargarrirako. Adierazi, halaber, zein den irizpide murrizgarriena (termikoa = 1 edo tentsio-erorketa = 2). Kalkulatoriko sekziorako, zein da intentsitate maximo onargarraria?

$I=15 A \rightarrow s_1=1,5 mm^2$ (26. taula, B, 5) eta $s_2=10,48 mm^2 \rightarrow s=16 mm^2$, irizpidea (2). Sekzio horrekin $I_{max2}=66 A$ (taula) eta tentsio erorketa % 1,44 (gehiegizkoa). Erorketa maximoa sortuko duen intentsitatearen balioa: $I_{max1}=22,9 A$

2. Kalkulatu PVCz isolaturiko 750 V-eko kobrezko eroaleen sekzioa, zuzenean sarturiko 20 m-ko luzerako barne-kanalizazio batean eta 230 V, 4 kW eta 0,86ko potentzia-faktorea (atzeratua) duen instalazio monofasiko bat elikatzen duena. Tentsio-erorketa onargarraria %2 da. Adierazi irizpide murrizgarria. Zein luzeran dira baliokideak irizpide biei jarraituz kalkulatoriko sekzioak?

(26. taula, B, 5) $I=20,22 A \rightarrow 21 A \rightarrow s_1=2,5 mm^2$ eta $s_2=2,7 mm^2 \rightarrow 4 mm^2$. Ondorioz $s=4 mm^2$ 2. irizpidetik. Azkenik, $s_1=s_2=2,5 mm^2$ eta $L=18,52 m$.

3. 20 m-ko luzera duen linea monofasikoa 16 mm²-ko aluminiozko eroalez osaturik dago eta 230 V, 10 kW eta $\cos \varphi = 1$ duen instalazio bat elikatzen dute. Kalkulatu lineako tentsio-erorketa portzentuala.

$u=1,35\%$

4. Kalkulatu 10 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,75$ ko hargailu trifasiko baten elikatze-linearen sekzioa, jakinda 400 V, 50 Hz-eko sare trifasiko batera konektatua dagoela. Linearen luzera 30 m da, tentsio-erorketa onargarraria % 1 da, eta kanalizazioa barnekoa da, hodi barnekoa, eta gainazaleko muntaian. Adierazi irizpide murrizgarria. Aztertu kasu hauetarako:

- Hiru poloko kablea, kobrezko eroalea, PVCzko isolatzailea.
- Hiru poloko kablea, kobrezko eroalea, XLPEzko isolatzailea.
- Kable polobakarren hirukote sorta, kobrezko eroalea, PVCzko isolatzailea.
- Kable polobakarren hirukote sorta, kobrezko eroalea, XLPEzko isolatzailea.

$I=19,25 A$

a) B2-3 $I_{max} = 23 A \rightarrow s_1 = 4 mm^2$; $s_2 = 3,35 mm^2 \Rightarrow 4 mm^2$ (irizpidea 1 = 2)

b) B2-6 $I_{max} = 22 A \rightarrow s_1 = 2,5 mm^2$; $s_2 = 3,35 mm^2 \Rightarrow 4 mm^2$ (irizpidea 2)

c) B-4 $I_{max} = 24 A \rightarrow s_1 = 4 mm^2$; $s_2 = 3,35 mm^2 \Rightarrow 4 mm^2$ (irizpidea 1 = 2)

d) B-8 $I_{max} = 25 A \rightarrow s_1 = 2,5 \text{ mm}^2; s_2 = 3,35 \text{ mm}^2 \Rightarrow 4 \text{ mm}^2$ (irizpidea 2)

5. 200 m-ko luzerako lurpeko linea batean —hodi barnean lurperatua eta lau poloko kable trifasikoz osatua, PVCz isolatutako kobrezko eroaleak dituen—, 40 kW garraiatu nahi dira 0,9ko potentzia-faktore inductiboaz eta 400 V-eko tentsioan. Lurzoruaren erresistibitate termikoa $2 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ da eta kablea 0,9 m-ko sakoneran lurperatua dago. Tentsio-erorketa onargarria % 5 da. Orduan, lurzoruko tenperatura $20 \text{ }^\circ\text{C}$ bada, zein da sekzio minimoa eta zein da irizpide murrizgarriena?

$I = 64,15 A; FT = 0,8 \cdot 0,78 \cdot 0,98 \cdot 1,05 = 0,6421 \rightarrow I_{taula} = 99,91 A \rightarrow I_{max} = 125 A \rightarrow s_1 = 25 \text{ mm}^2$. Bestalde $s_2 = 17,86 \text{ mm}^2 \rightarrow 25 \text{ mm}^2$. Bien murrizgarritasuna berdina da.

6. Hargailu trifasiko batek 32 A-ko kontsumoa dauka 0,8ko potentzia-faktore inductiboarekin. Hiru poloko kable batez elikatua dago, kobrezko eroaleak ditu eta EPRzko isolatzailea, eta barne-instalazio batean dago, zuzenean horma gainean, 18 m-ko luzeran. Linearen tentsioa 400 V da, eta tentsio-erorketa onargarria % 1,5. Kalkulatu eroaleen sekzioa eta faktore murrizgarria. Sekzio horretarako, zein da elika daitekeen karga handiena eta dagokion tentsio-erorketa?

C-8 kasua. $I_{max} = 34 A \rightarrow s_1 = 4 \text{ mm}^2$. Bestalde $s_2 = 2,37 \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$. Ondorioz $s = 4 \text{ mm}^2$ irizpide termikotik. $P_{max} = 18,84 \text{ kW}$, $u = \% 0,94$.

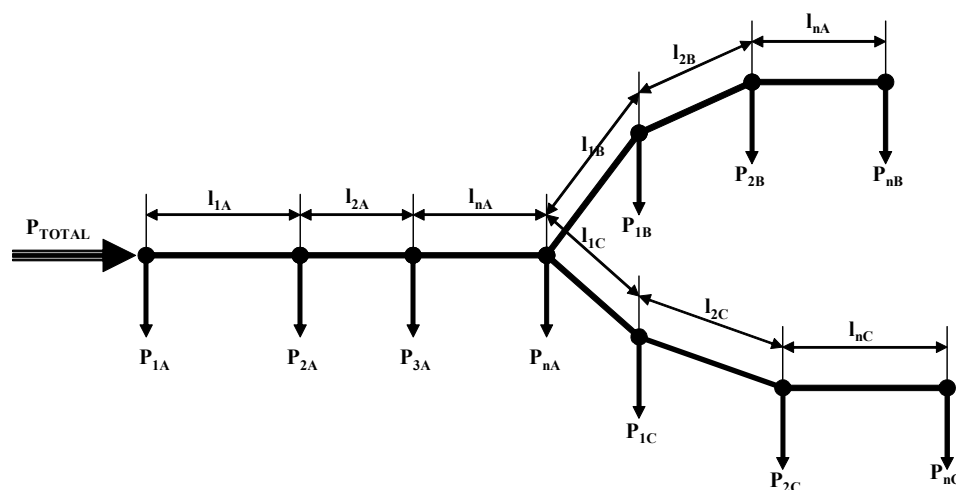
7. Kalkulatu irudiko linea monofasikoaren sekzioa. Eroaleak kobrezkoak dira, polobakarrak, 750 V-eko PVCzko isolatzailedunak, hodi barneko barne-instalazio batean, 230 V eta $40 \text{ }^\circ\text{C}$ -an. Tentsio-erorketa maximoa % 1,5 da.

B kasua. $I_{max} = 52 A \rightarrow s_1 = 16 \text{ mm}^2$. Bestalde $s_2 = 24,62 \text{ mm}^2 \rightarrow 25 \text{ mm}^2$. Ondorioz $s = 25 \text{ mm}^2$ tentsio-erorketaren irizpidetik.

4. GELA PRAKTIKA: SEKZIO EZ-UNIFORMEKO LINEA IREKIAK

1. PRAKTIKAREN HELBURUA

Banaketa-lineen kalkulu eta dimentsionatzearen barnean, mutur batetik elikaturiko sekzio ez-uniformeko lineak aztertzen dira. Linea mota horien topologia beheko irudian agertzen dena da, hots, linea nagusi bat zenbait adarretan banatua. Adarretako sekzioek ez dutr printzipioz berdinak izan behar, eta, gainera, ez da zertan kontsumorik egon linea nagusian.



Bete behariko den baldintza hau da: lineari eskatzen zaion karga maximoa denean, jatorritik karga urruneneraino gertatzen den $u_{\max}(\%)$ tentsio-erorketak aurretik finkaturiko limite bat ez gainditzea. Hots:

$$u_A + u_B < u_{\max} \quad \text{eta} \quad u_A + u_C < u_{\max}$$

u_A linea nagusiko tentsio-erorketa izanik eta u_B eta u_C beste bi adarretako tentsio-erorketak.

2. TENTSIO-ERORKETEN KALKULU-PROZEDURA

Nabaria denez, adierazitako baldintza, hots, $u_A + u_B < u_{\max}$ eta $u_A + u_C < u_{\max}$ betetzen duten sekzioak infinituak dira. Emaiza guztien artetik, ohikoa den bezala, merkeena aukeratuko da. Kasu honetan, emaitza hori baldintza guztiak **kobre-bolumen txikienarekin** betetzen dituen da, hots, sekzio minimo onargarriak dituen emaitza.

L_A , L_B eta L_C hiru adarren luzerak izanik eta s_A , s_B eta s_C dagozkien sekzioak, hau izango da erabili beharko den kobreaken bolumen totala:

$$\text{Bolumena} = s_A \cdot L_A + s_B \cdot L_B + s_C \cdot L_C$$

Bestalde, mutur batetik elikaturiko sekzio uniformeko banatzaile batean, tentsio-erorketa formula honekin adieraz daiteke:

$$u = K \cdot \frac{\sum P_i \cdot L_i}{\gamma \cdot s \cdot U_N} = K \cdot \frac{M}{\gamma \cdot s \cdot U_N}$$

Non:

- K: Konstante bat; linea trifasikoetarako 1 balio du, eta linea monofasikoetarako, 2.
- γ : Eroalearen eroankortasuna.
- s: Eroalearen sekzioa.
- U_N : Banatzailearen tentsio izendatua.
- P_i : "i" kargak behar duen potentzia aktiboa.
- L_i : "i" kargatik linearen jatorrirainoko distantzia ($L_i = \sum_{j=1}^i l_j$).
- M: Linearen momentu elektriko totala linearen jatorriarekiko.

Zati guztietarako tentsio izendatua eta eroankortasuna konstanteak direla kontuan izanik, tentsio-erorketa formula honen bidez adieraz daiteke:

$$u = K \cdot \frac{\sum P_i \cdot L_i}{\gamma \cdot s \cdot U_N} = K \cdot \frac{M}{\gamma \cdot s \cdot U_N} = K' \cdot \frac{M}{s}$$

Non, sekzioa askatuz, adierazpen hau lortzen baita:

$$s = K' \cdot \frac{\sum P_i \cdot L_i}{u} = K' \cdot \frac{M}{u}$$

Gainera, limitean baldintza hauek beteko dira:

$$u_B = u_{\max} - u_A \quad \text{eta} \quad u_C = u_{\max} - u_A$$

Beraz:

$$\begin{aligned} \text{Bolumena} &= s_A \cdot L_A + s_B \cdot L_B + s_C \cdot L_C = K' \cdot \frac{M_A}{u_A} \cdot L_A + K' \cdot \frac{M_B}{u_B} \cdot L_B + K' \cdot \frac{M_C}{u_C} \cdot L_C = \\ &= K' \cdot \left(\frac{M_A \cdot L_A}{u_A} + \frac{M_B \cdot L_B + M_C \cdot L_C}{u_{\max} - u_A} \right) \end{aligned}$$

Non:

$$\begin{aligned} M_A &= \sum P_{iA} \cdot L_{iA} + (P_B + P_C) \cdot L_A \\ M_B &= \sum P_{iB} \cdot L_{iB} \\ M_C &= \sum P_{iC} \cdot L_{iC} \end{aligned}$$

Adierazpena deribatuz eta zerora berdinduz, bolumena minimizatzen duen u_A -ren balioa aurkitzeko:

$$\begin{aligned} \frac{d(\text{Bolumena})}{du_A} &= K' \cdot \left(-\frac{M_A \cdot L_A}{u_A^2} + \frac{M_B \cdot L_B + M_C \cdot L_C}{(u_{\max} - u_A)^2} \right) = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow M_A \cdot L_A \cdot (u_{\max} - u_A)^2 &= (M_B \cdot L_B + M_C \cdot L_C) \cdot u_A^2 \end{aligned}$$

u_A askatuz:

$$u_A = \frac{u_{\max}}{1 + \sqrt{\frac{M_B \cdot L_B + M_C \cdot L_C}{M_A \cdot L_A}}}$$

Eta hauek izango dira beste adarretako tentsio-erorketak:

$$u_B = u_{\max} - u_A$$

$$u_C = u_{\max} - u_A$$

Adar bakoitzeko tentsio-erorketak jakinda, sekzioak kalkulatu dira:

$$S_A = \frac{M_A}{\gamma \cdot u_A \cdot (U_N)^2}$$

$$S_B = \frac{M_B}{\gamma \cdot (u_{\max} - u_A) \cdot (U_N)^2}$$

$$S_C = \frac{M_C}{\gamma \cdot (u_{\max} - u_A) \cdot (U_N)^2}$$

Sekzioen baliorik handiena kontuan izanik, dagozkion tauletara jotzen da, eta lortutako sekzioak baino handiagoak diren sekzio normalizatu txikienak aukeratzen dira. Sekzio horiek intentsitate maximo onargarri batzuk izango dituzte. Beharrezkoa izango da baieztatzea aukeratutako sekzioek onar ditzaketela kargen kontsumituriko intentsitateak.

$$I_{TAULAK} \geq I_{Kontsumitua}$$

Kontsumituriko intentsitatea itxurazko potentziatik abiatuta kalkulatu da:

$$I = \frac{|S_T|}{\sqrt{3} \cdot U_N}$$

Non:

$$S_T = P_T + j \cdot Q_T$$

$$P_T = \sum P_i$$

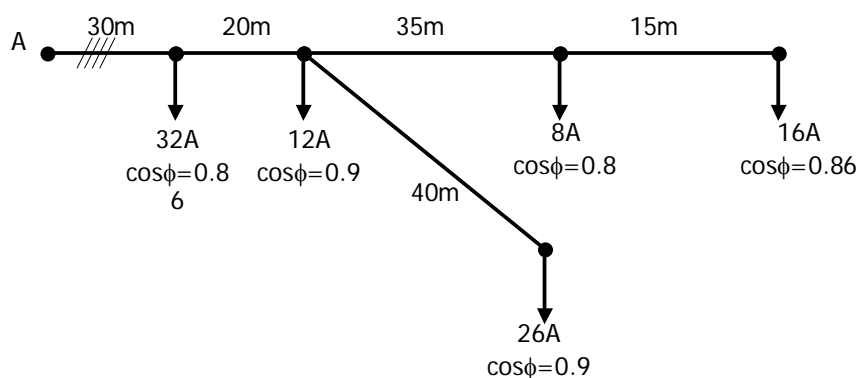
$$Q_T = \sum P_i \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}}{\cos \varphi_i}$$

Kontsumituriko intentsitatea tauletakoa baino handiagoa bada, hurrengo sekzio normalizatu erabili beharko da, eta berriro baieztapena egin.

3. ADIBIDEA

Irudiko 380/220 V-eko kobrezko linea trifasikoak % 2ko tentsio-erorketa onargarria du. Kalkulatu:

1. Hiru zatietako tentsio-erorketa kobre-bolumen minimoaren kasurako.
2. Fase-eroaleen sekzio teorikoa zati bakoitzean.



Ebazpena:

1. Hiru zatietako tentsio-erorketa kobre-bolumen minimoaren kasurako.

- Hasteko, potentzia aktiboak kalkulatu dira $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$ adierazpenaren laguntzaz:

$$l_{1A} = 30 \text{ m} \quad L_{1A} = 30 \text{ m} \quad I_{1A} = 32 \text{ A} \quad \cos \phi_{1A} = 0,86 \quad P_{1A} = 18.113 \text{ W}$$

$$l_{2A} = 20 \text{ m} \quad L_{2A} = 50 \text{ m} \quad I_{2A} = 12 \text{ A} \quad \cos \phi_{2A} = 0,90 \quad P_{2A} = 7.108 \text{ W}$$

$$l_{1B} = 35 \text{ m} \quad L_{1B} = 35 \text{ m} \quad I_{1B} = 8 \text{ A} \quad \cos \phi_{1B} = 0,80 \quad P_{1B} = 4.212 \text{ W}$$

$$l_{2B} = 15 \text{ m} \quad L_{2B} = 50 \text{ m} \quad I_{2B} = 16 \text{ A} \quad \cos \phi_{2B} = 0,86 \quad P_{2B} = 9.057 \text{ W}$$

$$l_{1C} = 40 \text{ m} \quad L_{1C} = 40 \text{ m} \quad I_{1C} = 26 \text{ A} \quad \cos \phi_{1C} = 0,90 \quad P_{1C} = 15.401 \text{ W}$$

- Hiru zatien luzerak hauek izango dira:

$$L_A = l_{1A} + l_{2A} \quad L_A = 50 \text{ m}$$

$$L_B = l_{1B} + l_{2B} \quad L_B = 50 \text{ m}$$

$$L_C = l_{1C} \quad L_C = 40 \text{ m}$$

- Momentuak kalkulatu:

$$M_A = P_{1A} \cdot L_{1A} + P_{2A} \cdot L_{2A} + L_A \cdot (P_{1B} + P_{2B} + P_{1C}) \quad M_A = 2,332 \text{ MW} \cdot \text{m}$$

$$M_B = P_{1B} \cdot L_{1B} + P_{2B} \cdot L_{2B} \quad M_B = 0,6003 \text{ MW} \cdot \text{m}$$

$$M_C = P_{1C} \cdot L_{1C} \quad M_C = 0,6161 \text{ MW} \cdot \text{m}$$

- Tentsio-erorketaren formula aplikatu:

$$u_A = \frac{u_{\max}}{1 + \sqrt{\frac{M_B \cdot L_B + M_C \cdot L_C}{M_A \cdot L_A}}} \quad u_A = \% 1,187$$

- Hortik abiatuta, beste adarretako tentsio-erorketak:

$$u_B = u_C = u_{\max} - u_A = \% 0,813$$

2. Fase-eroaleen sekzio teorikoa zati bakoitzean.

- Tentsio-erorketengatik dagozkien sekzioak:

$$S_A = \frac{M_A}{\gamma \cdot u_A \cdot (U_N)^2} \quad \rightarrow S_A = 24,95 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow S_A = 25 \text{ mm}^2$$

$$S_B = \frac{M_B}{\gamma \cdot (u_{\max} - u_A) \cdot (U_N)^2} \quad \rightarrow S_B = 9,133 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow S_B = 10 \text{ mm}^2$$

$$S_C = \frac{M_C}{\gamma \cdot (u_{\max} - u_A) \cdot (U_N)^2} \quad \rightarrow S_B = 9,373 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow S_B = 10 \text{ mm}^2$$

- Intentsitate-dentsitateari jarraituz sekzioak kalkulatzeko, banatzaile bakoitzetik doazen intentsitateak kalkulatu behar dira. Horretarako, adar bakoitzeko potentzia aktiboez gainera (aurreko atalean kalkulatuak), potentzia errektiboak kalkulatu behar dira adierazpen honen bidez:

$$Q_i = P_i \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}}{\cos \varphi_i}$$

Adar bakoitzari aplikatuz:

$\cos \varphi_{1A} = 0,86$	$P_{1A} = 18.113 \text{ W}$	$Q_{1A} = 10.750 \text{ VAr}$
$\cos \varphi_{2A} = 0,90$	$P_{2A} = 7.108 \text{ W}$	$Q_{2A} = 3.443 \text{ VAr}$
$\cos \varphi_{1B} = 0,80$	$P_{1B} = 4.212 \text{ W}$	$Q_{1B} = 3.159 \text{ VAr}$
$\cos \varphi_{2B} = 0,86$	$P_{2B} = 9.057 \text{ W}$	$Q_{2B} = 5.374 \text{ VAr}$
$\cos \varphi_{1C} = 0,90$	$P_{1C} = 15.401 \text{ W}$	$Q_{1C} = 7.459 \text{ VAr}$

- Balio horietatik abiatuz, adar bakoitzeko itxurazko potentziak kalkulaten dira:

$$S_A = P_A + j \cdot Q_A = (P_{1A} + P_{2A} + P_{1B} + P_{2B} + P_{1C}) + j \cdot (Q_{1A} + Q_{2A} + Q_{1B} + Q_{2B} + Q_{1C}) = 53892 + j \cdot 30183$$

$$S_B = P_B + j \cdot Q_B = (P_{1B} + P_{2B}) + j \cdot (Q_{1B} + Q_{2B}) = 13269 + j \cdot 8533$$

$$S_C = P_C + j \cdot Q_C = P_{1C} + j \cdot Q_{1C} = 15401 + j \cdot 7459$$

- Eta intentsitateetatik abiatuta, sekzioak:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$I = \frac{|S_T|}{\sqrt{3} \cdot U_N}$$

$$S_A = 61770 \quad I_A = 93,85 \text{ A}$$

$$S_B = 15780 \quad I_B = 23,97 \text{ A}$$

$$S_C = 17110 \quad I_B = 26 \text{ A}$$

- Intentsitateekin tauletara jotzen da, eta kasurik txarreneko barne-zirkuitua joz gero:

$$A \text{ sekzioa: } 35 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 96 \text{ A}$$

$$B \text{ sekzioa: } 6 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 25 \text{ A}$$

$$C \text{ sekzioa: } 10 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 34 \text{ A}$$

- Irizpide biak bete behar direnez, beharrezko sekzioak hauek izango dira:

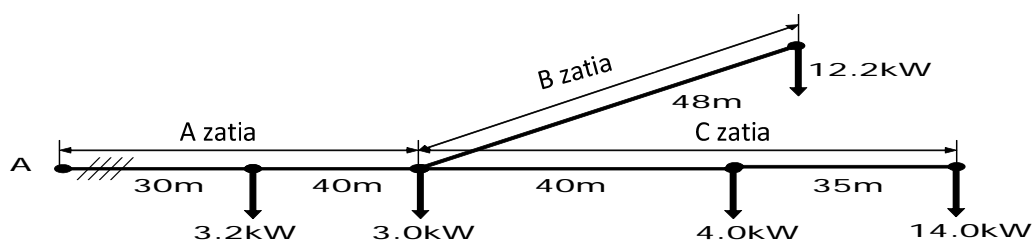
$$A \text{ sekzioa: } 35 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 96 \text{ A}$$

$$B \text{ sekzioa: } 10 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 34 \text{ A}$$

$$C \text{ sekzioa: } 10 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 34 \text{ A}$$

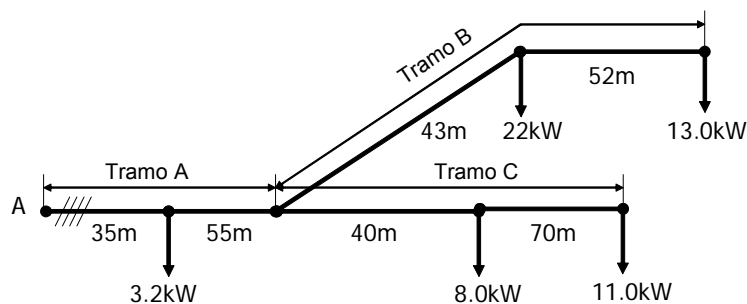
4. ARIKETA EBATZIAK

1. Sortan txirikordaturiko lau poloko, XLPEz isolatutako eta neutro fidatzaile gabeko aluminiozko kable batek irudiko 0,8ko potentzia-faktore induktiboko kargak elikatu behar ditu. Kablea airean instalatua dago, A zatia altzairuzko fidatzailez tenkatua izanik eta zuzenean eguzkiari begira; B zatia fatxada gainetik doa beste kable trifasiko batekin batera eta zuzenean eguzkiari begira; C zatia pabiloi baten baretik doa 45 °C-ko giro tenperaturan. Kalkulatu zati bakoitzerako sekzio egokiak tentsio-erorketa maximoa % 4 dela kontuan izanik.



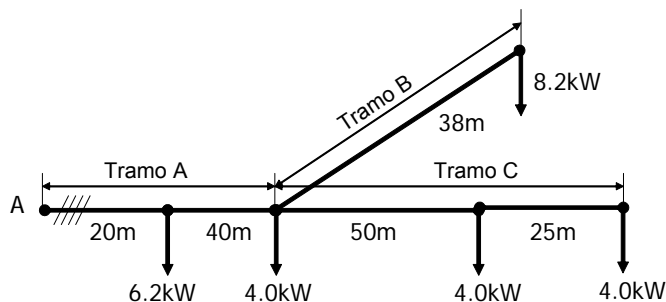
DATUA	BALIOA		
	A Zatia	B Zatia	C Zatia
Sekzioa intentsitate-dentsitateagatik:			
• Taula:			
➤ Zenbakia: _____	4	4	4
➤ Lerroa (egonez gero): _____	Jarria	Jarria	Jarria
➤ Zutabea (egonez gero): _____	Jarria	Jarria	Jarria
• Zuzenketa-faktoreak:			
➤ 1. Faktorea:.....eguzkiari begira.....	0,9	0,9	1
➤ 2. Faktorea:.....kable-pilaketa.....	1	0,89	1
➤ 3. Faktorea:.....giro-tenperatura.....	1	1	0,95
➤ 4. Faktorea:.....			
➤ 5. Faktorea:.....			
➤ Faktore globala: _____	0,9	0,801	0,95
• Potentzia aktiboa [kW]: _____	36,4	12,2	18
• Potentzia erreaktiboa [kVAr]: _____	27,3	9,15	13,5
• Intentsitate erreala [A]: _____	65,67	22,01	32,47
• Sekzioa aukeratzeko intentsitatea [A]: _____	72,97	27,48	34,18
• Sekzioa [mm ²]: _____	25	16	16
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	87,3	53,67	63,65
Sekzioa tentsio-erorketagatik:			
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [V]: _____	8,707	7,293	7,293
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [%]: _____	2,177	1,823	1,823
• Momentu elektrikoa [W·m]: _____	2,42e6	5,86e5	1,21e6
• Sekzio zehatza tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	19,85	5,73	11,85
• Sekzio normalizatua tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	25	16	16
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	87,3	53,67	63,65
Emaitza:			
• Sekzioa [mm ²]: _____	25	16	16
• Tentsio-erorketa erreala [V]: _____	6,914	2,614	5,402
• Tentsio-erorketa erreala [%]: _____	1,73	0,654	1,35

2. Irudiko linea lurpekoa da, hodi barnean lurperatua eta lau poloko kobrezko kable trifasiko batez osatua, PVCzko isolatzaileduna eta 400 V-eko tentsioan 0,9ko potentzia-faktorea duten kargak elikatzen dituena. A zatian lurzoruaren temperatura 15 °C da, lurzoruaren erresistibitate termikoa 2,5 K·m/W da, eta 0,9 m-ko sakoneran lurperatua dago; B zatian 120 cm-ra dago lurperatua, eta erresistibitate termikoa 0,85K·m/W da; C zatian zanga berean beste bi kable trifasikorekin kontaktuan dago. Kalkulatu zati bakoitzeko sekzio egokiak tentsio-erorketa onargarria %5 dela kontuan izanik.



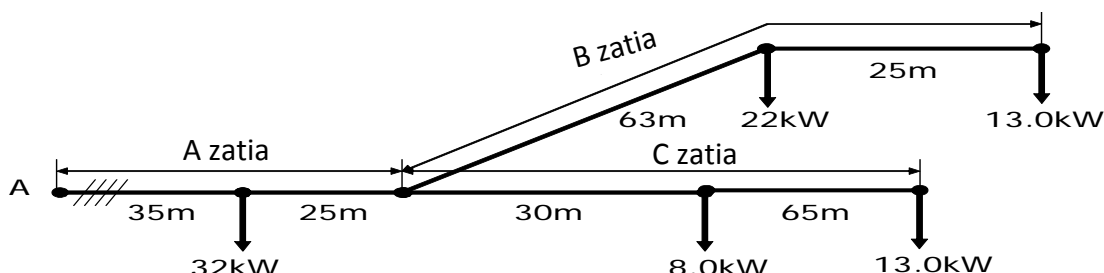
DATUA	BALIOA		
	A Zatia	B Zatia	C Zatia
Sekzioa intentsitate-dentsitateagatik:			
• Taula:			
➤ Zenbakia: _____	5	5	5
➤ Lerroa (egonez gero): _____	Tetra/PVC	Tetra/PVC	Tetra/PVC
➤ Zutabea (egonez gero): _____	C		
• Zuzenketa faktoreak:			
➤ 1. Faktorea:.....hodi barnean.....	0,8	0,8	0,8
➤ 2. Faktorea:.....lurzoruaren T ^o	1,11	1	1
➤ 3. Faktorea:.....sakonera.....	0,98	0,95	1
➤ 4. Faktorea:.....erresistibitatea.....	0,71	1,05	1
➤ 5. Faktorea:.....pilaketa.....	1	1	0,7
➤ Faktore globala: _____	0,618	0,789	0,56
• Potentzia aktiboa [kW]: _____	57,2	35	19
• Potentzia errektiboa [kVAr]: _____	27,7	17	9,20
• Intentsitate erreala [A]: _____	91,73	56,13	30,47
• Sekzioa aukeratzeko intentsitatea [A]: _____	148,43	71,14	54,11
• Sekzioa [mm ²]: _____	35	10	6
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	92,7	59,71	31,36
Sekzioa tentsio-erorketagatik:			
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [V]: _____	10,44	9,56	9,56
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [%]: _____	2,61	2,39	2,39
• Momentu elektrikoa [W·m]: _____	4,97e6	2,18e6	1,53e6
• Sekzio zehatza tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	21,26	10,18	7,22
• Sekzio normalizatua tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	25	16	10
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	77,25	76,53	42
Emaitza:			
• Sekzioa [mm ²]: _____	35	16	10
• Tentsio-erorketa erreala [V]: _____	6,34	6,085	6,83
• Tentsio-erorketa erreala [%]: _____	1,58	1,52	1,71

3. XLPEz isolatutako lau poloko kable bat irudiko kargak 0,85eko potentzia-faktore inдукtiboaz elikatzen dituen barne-zirkuitua da. Kablea zati bakoitzean era batean instalatua dago. A zatian horma isolatuan sarturiko hodi baten barnetik doa; B zatian hormaren kontra zuzenean jarria dago; eta C zatian hormaren paraleloan doa, hormaren eta kablearen artean airearen zirkulazioa ahalbidetzeko distantzia egokian. Kalkulatu zati bakoitzerako sekzio egokiak tentsio-erorketa onargarria % 1,5 dela kontuan izanik.



DATUA	BALIOA		
	A Zatia	B Zatia	C Zatia
Sekzioa intentsitate dentsitateagatik:			
• Taula:			
➤ Zenbakia: _____	1	1	1
➤ Lerroa (egonez gero): _____	A2	C	E
➤ Zutabea (egonez gero): _____	3xXLPE	3xXLPE	3xXLPE
• Zuzenketa-faktoreak:			
➤ 1. Faktorea: _____			
➤ 2. Faktorea: _____			
➤ 3. Faktorea: _____			
➤ 4. Faktorea: _____			
➤ 5. Faktorea: _____			
➤ Faktore globala: _____	1	1	1
• Potentzia aktiboa [kW]: _____	26,4	8,2	8
• Potentzia erreaktiboa [kVAr]: _____	16,36	5,1	4,96
• Intentsitate erreala [A]: _____	44,84	13,92	13,58
• Sekzioa aukeratzeko intentsitatea [A]: _____	44,84	13,92	13,58
• Sekzioa [mm ²]: _____	16	1,5	1,5
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	59	18	21
Sekzioa tentsio-erorketagatik:			
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [V]: _____	3,36	2,64	2,64
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [%]: _____	0,84	0,66	0,66
• Momentu elektrikoa [W·m]: _____	1,33e6	3,12e5	5e5
• Sekzio zehatza tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	17,74	5,24	8,46
• Sekzio normalizatua tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	25	6	10
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	77	44	68
Emaitza:			
• Sekzioa [mm ²]: _____	25	6	10
• Tentsio-erorketa erreala [V]: _____	2,39	2,32	2,23
• Tentsio-erorketa erreala [%]: _____	0,60	0,58	0,56

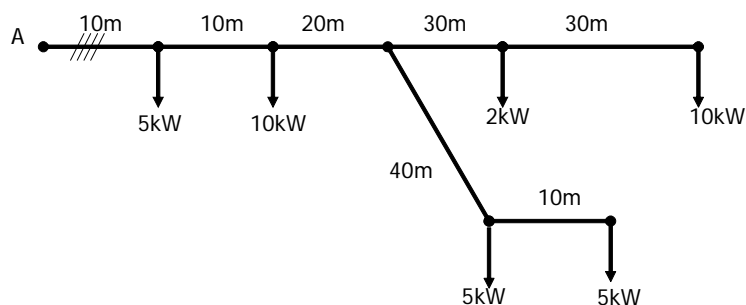
4. Aluminiozko lau poloko sorta txirikordatu eta XLPEz isolatutako banatzaile batek irudiko kargak elikatu behar ditu 0,9ko potentzia-faktore inductiboarekin. Kablea airean instalatua dago, A zatia almelec neutroaz tenkatua eta zuzenean eguzkiari begira, B zatia fatxadatik doa beste bi kable trifasikorekin batera eta zuzenean eguzkiari begira, eta, azkenik, C zatia pabiloi baten barnetik doa 30 °C-ko giro-tenperaturan. Kalkulatu zati bakoitzerako sekzio egokiak tentsio-erorketa onargarria % 3 dela jakinik.



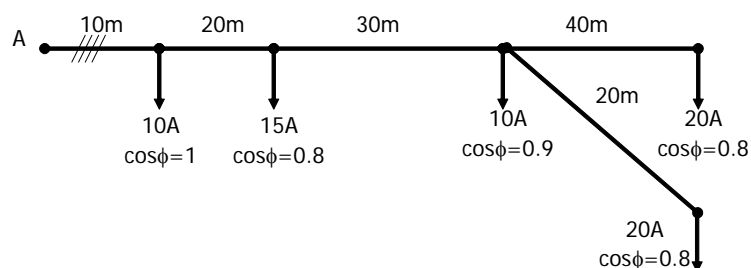
DATUA	BALIOA		
	A Zatia	B Zatia	C Zatia
Sekzioa intentsitate-dentsitateagatik:			
• Taula:			
➤ Zenbakia: _____	3	4	4
➤ Lerroa (egonez gero): _____		Jarria	Jarria
➤ Zutabea (egonez gero): _____			
• Zuzenketa faktoreak:			
➤ 1. Faktorea:.....eguzkiari begira.....	0,9	0,9	1
➤ 2. Faktorea:.....kable-pilaketa.....	1	0,8	1
➤ 3. Faktorea:.....giro-tenperatura.....	1	1	1,1
➤ 4. Faktorea:.....			
➤ 5. Faktorea:.....			
➤ Faktore globala: _____	0,9	0,72	1,1
• Potentzia aktiboa [kW]: _____	88	35	21
• Potentzia errektiboa [kVAr]: _____	42,62	16,95	10,17
• Intentsitate erreala [A]: _____	141,13	56,13	33,68
• Sekzioa aukeratzeko intentsitatea [A]: _____	156,86	77,95	30,62
• Sekzioa [mm ²]: _____	95	25	16
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	207	64,8	73,7
Sekzioa tentsio-erorketagatik:			
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [V]: _____	5,55	6,45	6,45
• Tentsio-erorketa maximo onargarria [%]: _____	1,39	1,61	1,61
• Momentu elektrikoa [W·m]: _____	4,448e6	2,53e6	1,48e6
• Sekzio zehatza tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	57,64	28,02	16,34
• Sekzio normalizatua tentsio-erorketagatik [mm ²]: _____	95	50	25
• Intentsitate maximo onargarria [A]: _____	207	95,76	99
Emaitza:			
• Sekzioa [mm ²]: _____	95	50	25
• Tentsio-erorketa erreala [V]: _____	3,36	3,61	4,214
• Tentsio-erorketa erreala [%]: _____	0,84	0,904	1,05

5. PROPOSATURIKO ARIKETAK

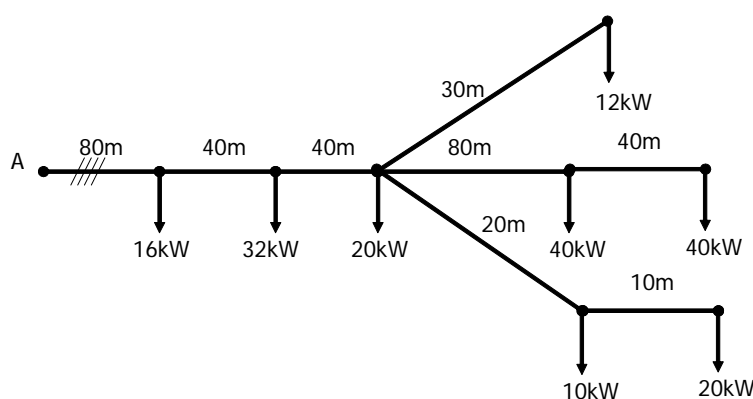
1. Irudiko linea 380 V-ekoa da, eta trifasikoa. Hodi barnean sarturiko H07VU kobrezko eroale polobakarrekin egin nahi da instalazioa. Kalkulatu zatien sekzioak 0,8ko potentzia-faktorea joz gero.



2. Irudiko linea trifasikoa 380 V-eko tentsioarekin elikatua dago. Eroaleak aluminiozkoak dira, sortan txirikordatuak, polietileno erretikulatuz isolatuak eta aireko instalazioan. Tentsio-erorketa onargarria % 2 da. Kalkulatu sekzioak.



3. Kalkulatu irudiko linea monofasikoaren sekzioak. Eroaleak kobrezkoak dira, polobakarrak, PVCz isolatuak, 750 V-eko tentsio izendatukoak, hodi barnean eta 220 V-era. Tentsio-erorketa maximoa % 1,5 da eta potentzia-faktorea 0,9.



**5. GELA PRAKTIKA:
ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEEN
KALKULUA**

1. PRAKTIKAREN HELBURUA

Lineen kalkulu eta dimentsionatzearen barnean eta lineei dagozkien babesen barnean, zirkuitulaburren kalkuluak berebiziko garrantzia du, zirkuitulabur bat gertatzen denean instalazioa baldintza izendatuetatik kanpo dauden esfortzu termiko eta dinamikoen menpe geratzen delako.

Zirkuitulaburraren larritasuna, funtsean, intentsitatearen magnitudearen mende egongo da, eta beraz, instalazioko puntu bakoitzean ager daitekeen zirkuitulabur-intentsitate maximoa instalazioaren puntu horietan gerta daitezkeen baldintza kaltegarrienak jakitearen baliokidea izango da.

Praktika honetan zirkuitulabur-intentsitateak nola kalkulatu diren azalduko da, eta hurrengoan ikusiko da balio horiek nola erabiltzen diren eroaleen sekzioak eta babesak aukeratzeko .

2. ZIRKUITULABUR-POTENTZIAREN KONTZEPTUA

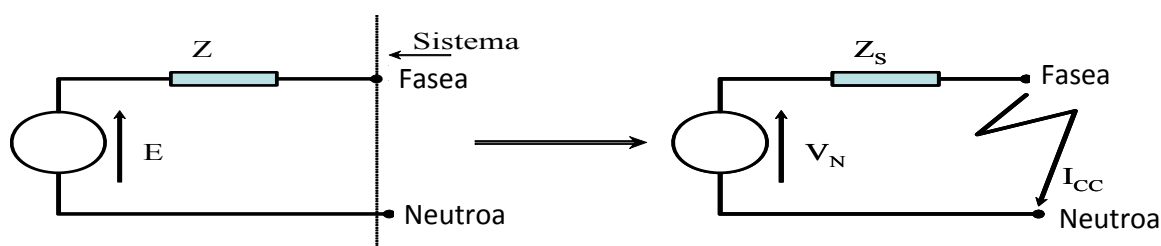
Elektroteknian ikasitakotik abiatuz, zirkuitu bat, nahiz eta oso konplexua izan, lineala den bitartean, zirkuitu originalaren baliokidea den tentsio-iturri baten bidez adieraz daiteke. Bestalde, sistema trifasiko simetrikoetan ez da beharrezkoa hiru faseekin lan egitea, zirkuitu originalaren monofasiko baliokidea erabiltzen bada.

Instalazio baten abiapuntua hartuz, normalean erdi-tentsioko sarera konektaturiko banaketa-transformadore bat izango da. Erdi-tentsioko sarea, oso tentsio handiko sare batetik etorriko da, eta, azken hori ingurune izugarri handi batera hedatuko da.

Monofasiko baliokidea planteatuz eta Thevenin-en teorema aplikatuz, banaketa-transformadorearen gainetik dagoen sare guztia, nahiz eta oso handia izan, balio hauek dituen tentsio-iturri batez ordezka daiteke:

- E: fasearen eta neutroaren arteko potentzial-diferentzia zirkuitu irekian; kasu honetan, tentsioaren balio izendatua da (V_N).
- Z: sare osoaren inpedantzia fasearen eta neutroaren artean, sareko iturri guztiak kentzen direnean. Zirkuitulaburrez hitz egitean, inpedantzia horri iturriko inpedantzia deitzen zaio (Z_S).

Beraz, sistema elektriko osoa, gure instalazioari dagokionez, tentsio-iturri bat (tentsioaren balio izendatuarekin) eta seriean jarritako inpedantzia batekin (iturriko inpedantzia) adierazi da.



Zirkuitulabur bat gertatzen bada, bertatik pasako den intentsitatea hau izango da:

$$I_{CC} = \frac{V_N}{Z_S}$$

Tentsio izendatua ezaguna denez, instalazioaren jatorriko zirkuitulabur-intentsitatea ezagutzeko, datu bakarra beharko da: iturriko inpedantzia. Hori bai, makina elektrikoek ikasgaiaren ikusi zen bezala, inpedantzia berdina balio ezberdinarekin ikusten da transformadorearen primariotik eta sekundariotik, hots, ikusten den inpedantziaren balioa tentsio-mailaren mende dago. Arazo hori gainditzeko, ematen den datua ez da iturriko inpedantzia izaten, baizik eta zirkuitulaburrean iturriak ematen duen potentzia, potentzia tentsio-mailarekiko independentea delako. Ematen den datua hau da:

- $S_{CC} = V_N \cdot I_{CC}$ sistema monofasiko baten kasurako.
- $S_{CC} = 3 \cdot V_N \cdot I_{CC} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{CC}$ sistema trifasiko baten kasurako.

Iturriko inpedantzia eta zirkuitulaburreko potentzia ematea baliokideak dira:

- $S_{CC} = V_N \cdot I_{CC} = V_N \cdot \frac{V_N}{Z_S} \Rightarrow Z_S = \frac{V_N^2}{S_{CC}}$ zirkuitu monofasikoetarako.
- $S_{CC} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{CC} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot \frac{U_N}{Z_S} \Rightarrow Z_S = \frac{U_N^2}{S_{CC}}$ zirkuitu trifasikoetarako.

Aurreko adierazpenetatik ondoriozta daitekeenez, zirkuitulabur-potentziaren eta iturriko inpedantziaren artean alderantzizko erlazioa dago. Beraz, zirkuitulabur-potentzia handiek iturriko inpedantzia txikiak dituzte, eta, horri loturik, tentsio oso konstanteak eta kargarekiko independenteak.

2.1 ZIRKUITULABUR-POTENTZIAREN BALIO ERLATIBOAK

Zirkuitulabur-potentzia handitu egiten da tentsio-maila handitu ahala eta sortze-puntura hurbildu ahala. Sarearen “mailatuarekin” ere handitzen da, mailatua handiagoa den heinean intentsitateak bide gehiago dituelako sorkuntzatik puntu batera heltzeko, eta beraz, iturriko inpedantzia gutxitu egiten da. Balio orientagarri gisa hauek har daitezke:

- 10 kV-eko sareak: 250 MVA.
- 20 kV-eko sareak: 350 MVA.
- Zalantza-kasuetan: sareak potentzia infinitua duela jotzen da, zirkuitulaburraren intentsitatea transformadorearen inpedantziak bakarrik mugatzen duela.

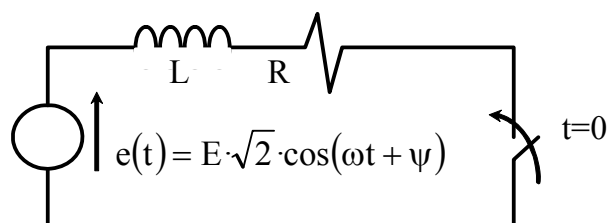
Oro har, zirkuitulabur-potentzia handiagoa den heinean, konektaturiko ekipoez hobeto funtzionatu dute, tentsioa kargarekiko independenteagoa delako eta, beraz, tentsioaren balio efikazaren aldaketa txikiagoak gertatuko direlako kargak konektatu eta deskonektatzean; gainera, karga ez-linealek sorturiko tentsio harmonikoak txikiagoak izango dira, etab. Bestalde, zirkuitulabur-potentzia handiagoa den heinean, instalazioa garestiagoa izango da, zirkuitulabur-intentsitate handiagoak pairatzeko diseinatua egon beharko duelako.

Azkenik, iturriko inpedantzia beti induktiboa denez, aukera dago kondentsadoreak seriean jarritz iturriko inpedantzia gutxitzeko, hots, zirkuitulabur-potentzia handitzeko.

3. ZIRKUITULABURREN FENOMENO IRAGANKORRAK

Zirkuitulabur bat gertatzen denean, lehen zikloetan intentsitatea espero dena baino handiagoa da. Balio hori ziklo gutxi batzuetan mantentzen da; horren ondorioz, ez da beroketa-kontuetarako kontuan izan behar, baina bai esfortzu mekanikoen azterketarako, esfortzu horiek intentsitatearen aldiuneko balioaren funtzio direlako eta intentsitatearen punta bat gertatzen denean instalazioko elementuek pairatu beharreko esfortzuan punta bat gertatuko delako.

Zirkuitulaburrean agertzen den intentsitate-punta aztertzeko, iturriko inpedantzia seriean duen tentsio izendatuko iturri bat hartuko da eta zirkuitulabur bat gertatzen dela joko. Adierazitako kasua irudi honetan dago islatua:



Eta tentsioaren eta intentsitatearen arteko erlazioa hau izango da:

$$e(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

Aurreko adierazpena koefiziente konstanteko lehen ordenako ekuazio diferentzial ohiko baten ekuazioa da. Ekuazio diferentzialaren ebazpena lortzeko, ekuazio homogeneoaren emaitza eta heterogeneoaren emaitza partikular bat hartzen dira. Ekuazio diferentzial homogeneoa aurreko ekuazioa zerora berdinduz lortzen da. Beraz, hau da ekuazio diferentzial homogeneoa:

$$R \cdot i_{HOM}(t) + L \cdot \frac{di_{HOM}(t)}{dt} = 0$$

$i_{HOM}(t)$ ekuazio homogeneoari dagokion intentsitatea izanik.

$i_{HOM}(t)$ terminoak ekuazioaren alde batean bilduz, ekuazioa integratu egin daiteke:

$$R \cdot i_{HOM}(t) + L \cdot \frac{di_{HOM}(t)}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{di_{HOM}(t)}{i_{HOM}(t)} = -\frac{R}{L}$$

Integratuz:

$$\ln(i_{HOM}(t)) = -\frac{R}{L}t + K \Rightarrow i_{HOM}(t) = e^K \cdot e^{-\frac{R}{L}t} = K \cdot e^{-\frac{R}{L}t}$$

Bestalde, ekuazio heterogeneoaren emaitza partikular bat aurkitu behar da, hots, baldintza hau betetzen duen $i(t)$ -ren funtzio bat:

$$e(t) = R \cdot i_{HET}(t) + L \cdot \frac{di_{HET}(t)}{dt}$$

Zirkuituen teorian ikasitakotik, aurreko ekuazioa betetzen duen intentsitate bat lortzeko aukera onena metodo konplexua erabiltzea da, ekuazioa honela berridatziz:

$$e(t) = R \cdot i_{HET}(t) + L \cdot \frac{di_{HET}(t)}{dt} \Rightarrow \underline{E} = R \cdot \underline{I}_{HET} + L(j \cdot \omega \cdot \underline{I}) \Rightarrow \underline{I}_{HET} = \frac{\underline{E}}{R + j \cdot \omega \cdot L} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}} = \frac{E \angle \psi}{Z \angle \varphi} = \frac{E}{Z} \angle \psi - \varphi$$

Metodo konplexuari esker, intentsitatearen fasorea ezagutzen da, eta, hortik abiatuz, intentsitatearen aldiuneko balioa lortzen da:

$$\underline{I}_{HET} = \frac{E}{Z} \angle \psi - \varphi \Rightarrow i_{HET} = \frac{E}{Z} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi - \varphi)$$

Aurrekoa, “espero” den intentsitatea da, eta, intentsitate “homogeneoa” gehituz, intentsitate osoa lortzen da:

$$i(t) = i_{HOM}(t) + i_{HET}(t) = K \cdot e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{Z} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi - \varphi)$$

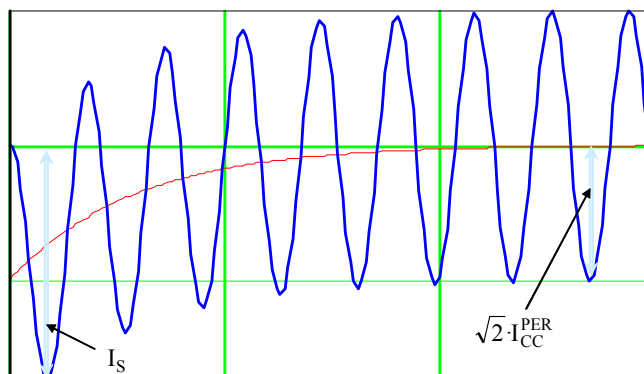
Azkenik, “K” konstantearen balioa kalkulatzeko, kontuan harturik haril batean harila besarkatzen duen fluxuan ezin daitekeela etenik egon, hots, harila zeharkatzen duen intentsitatean ezin dela etenik gertatu, konexioa egiten den aldiunean harila zeharkatzen duen intentsitatearen balioak zero izan beharko du:

$$i(t=0^+) = 0 \Rightarrow K \cdot e^{-\frac{R}{L} \cdot 0} + \frac{E}{Z} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot 0 + \psi - \varphi) = K + \frac{E}{Z} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\psi - \varphi) = 0 \Rightarrow K = -\frac{E}{Z} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\psi - \varphi)$$

Beraz, hau izango da aurkitu beharreko intentsitatearen balioa:

$$i(t) = -\frac{E}{Z} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\psi - \varphi) e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{Z} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi - \varphi)$$

Intentsitatearen adierazpen kartesiarra irudi honetan agertzen dena izango da:



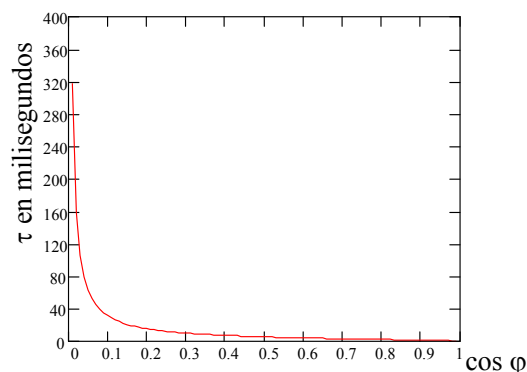
Irudia aztertuz:

- Intentsitateak bi batugai dauzka. Bata ez-periodikoa edo norabide bakarrekoa da, korrante zuzena ere deitua, eta ziklo batzuk pasa ondoren desagertzen da. Bestea alfernoa da, eta erregimen iraunkorren espero dena da.
- Osagai alfernoak tentsioaren balio efikazaren eta iturriko inpedantziaren mende dagoen anplitudea du, eta tentsioarekiko desfasea iturriko inpedantziaren argumentuarena da.
- Osagai ez-periodikoaren anplitudea bi faktoreren menpe dago:
 - Zirkuitulabur-intentsitatearen balioa erregimen iraunkorren.
 - Falta gertatzen den aldiunea. $\psi = \varphi$ bada, osagai ez-periodikoa maximoa da. $\psi = \varphi + 90^\circ$ edo $\psi = \varphi - 90^\circ$ bada, ordea, orduan osagai ez-periodikoa ez da agertuko. Ezaugarri hori oso garrantzitsua da, zirkuitulaburra noiz gertatuko den ezin daitekeenez jakin, ezingo baita jakin zein izango den osagai horren balioa. Printzipioz, zirkuitulaburra beti kasurik kaltegarrienean gertatuko dela jo behar da, segurtasun-arrazoiengatik.
- Osagai ez-periodikoaren iraunkortasuna “e” exponenzialaren berretzailearen menpe dago.

L/R handiagoa den heinean, arinago jaitsiko da osagai zuzena. “L/R” erlazioari denbora konstantea ere deitzen zaio, eta iturriko inpedantziaren φ argumentuaren mende dago:

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{\omega \cdot L}{\omega \cdot R} = \frac{\text{tg}(\varphi)}{\omega} = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2(\varphi)} - 1}$$

hau da haren adierazpen grafikoa iturriko inpedantziaren potentzia-faktorearen (ez instalaziokoaren) arabera:



Denbora konstanteak osagai ez-periodikoaren iraupena adierazten du; ziklo pare bat baino gutxiago mantentzen da, eta iraupen txikiagoa izango du iturriko inpedantzia erresistiboa den heinean.

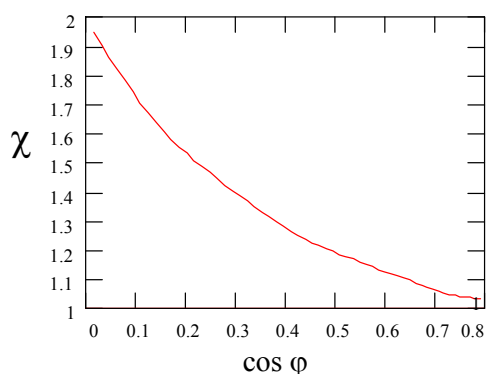
Potentzia-faktorearen arabera, handia bada, osagai zuzena oso azkar desagertuko da eta osagai alternoak bere balio maximoa lortzen duenerako desagertuta egongo da eta haren efektua baztergarria izango da.

Baina potentzia-faktorea txikia denean, osagai zuzenak iraupen handiagoa izango du eta osagai alternoak bere maximoa lortzen duenean oraindik bertan egongo da; beraz, batu egingo dira, eta efektu globala intentsitate maximoa (punta- edo gandar-intentsitatea deitua, I_S) intentsitate alternoak erregimen iraunkorrean ($\sqrt{2} \cdot I_{CC}^{PER}$) duen balioa baino askoz handiagoa izango da.

Bi osagaien arteko erlazioa “ χ ” koefizientearen bidez adierazten da:

$$I_S = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}^{PER}$$

Haren balioa, potentzia-faktorearen arabera, hau da:



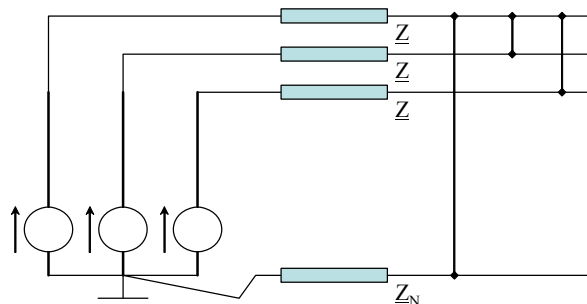
“φ”-ren balioa, eta ondorioz, “χ”-rena, tentsio-mailarekin handitzen dira, hots, goi-tentsioan, kasu askotan “χ”-ren balioa 1,8 hartzen da, eta punta- edo gandar-intentsitatearen eta erregimen iraunkorreko intentsitatearen balio efikazaren arteko erlazioa hau da:

$$I_S = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}^{PER} = 2,55 \cdot I_{CC}^{PER}$$

Metodo fasoriala erabiliz erregimen iraunkorreko zirkuitulabur-intentsitatearen balioa kalkulatu da, eta, “φ”-ren balioa ezagututa, adierazitako kurba erabiliz, “χ”-ren balioa lortzen da. Azkenik, biekin punta- edo gandar-intentsitatea kalkulatu da.

4. ZIRKUITULABUR MOTAK

Irudian hiru zirkuitulabur edo falta mota adierazten dira:



Hiru falta motak hauek dira:

- **Fase baten eta lurraren** (edo masaren edo neutroaren) **artean**. Falta monofasiko deritze. Instalazio motaren arabera intentsitatea bata edo bestea izango da, baina, nolana ere, falta fase baten eta neutroaren artean gertatzen denean izango da zirkuitulabur-intentsitate monofasiko maximoa. Kasu horretan, intentsitatea fasetik joango da eta neutrotik itzuli, eta hau izango da intentsitatearen balioa:

$$I_{CC}^{MONO} = \frac{V_N}{Z + Z_N} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot (Z + Z_N)}$$

Neutroaren sekzioa asko jota fasearen sekzioaren berdina denez, neutroko inpedantzia gutxienez faseko inpedantziaren berdina izango da:

$$I_{CC}^{MONO} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot (Z + Z_N)} \leq \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot Z}$$

- **Bi faseen artean edo bi faseen eta lurraren** (edo masaren edo neutroaren) **artean**. Falta bifasiko deritze. Intentsitatea fase batetik doa eta beste batetik itzultzen da. Kasu honetan, intentsitatearen balioa tentsio konposatuak eragiten duena izango da, eta bi faseen inpedantziek mugatua:

$$I_{CC}^{BI} = \frac{U_N}{2 \cdot Z}$$

- **Hiru faseen artean edo hiru faseen eta lurraren** (edo masaren edo neutroaren) **artean**. Falta trifasiko deritze. Simetriaren ondorioz, zirkuitu monofasiko baliokidea erabil daiteke, eta, beraz, hau izango da intentsitatearen balioa:

$$I_{CC}^{TRI} = \frac{V_N}{Z} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

Hiru zirkuitulabur motetan agertzen diren intentsitateak konparatuz, erlazio hauek lortzen dira:

- $I_{CC}^{TRI} = \frac{V_N}{Z} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot Z}$
- $I_{CC}^{BI} = \frac{U_N}{2 \cdot Z} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_N}{2 \cdot Z} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot Z} = 0,87 \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot Z} = 0,87 \cdot I_{CC}^{TRI}$
- $I_{CC}^{MONO} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot (Z + Z_N)} \leq \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot Z} = 0,5 \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot Z} = 0,5 \cdot I_{CC}^{TRI}$

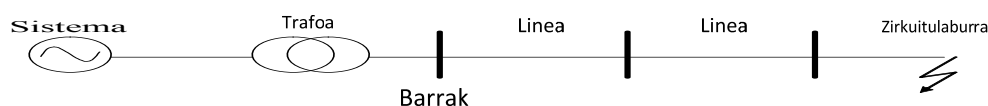
Beraz, faltarik arriskutsuena falta trifasikoa da, zirkuitulabur-intentsitatea monofasikoaren kasuan baino bi aldiz handiagoa delako eta bifasikoetan baino % 20 handiagoa.

Instalazioa gerta daitezkeen baldintza kaltegarrienak pairatzeko diseinatu behar da; beraz, gerta daitezkeen falta trifasiko maximoa pairatzeko diseinatzen da. Simetria aplikatuz, zirkuitu monofasiko baliokidea erabiltzen da hura ebazteko.

5. ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEEN KALKULUA

Zirkuitulabur-intentsitateen kalkulua instalazioaren zirkuitu monofasiko baliokidea erabiliz egiten da, falta gertatzen den punturaino, erregimen iraunkorreko intentsitatea kalkulatu eta, bigarren pauso batean, punta- edo gandor-intentsitatea kalkulatu. Hauek dira kontuan hartu beharreko elementuak:

- Instalazioaren jatorrian dagoen transformadorea elikatzen duen potentzia-sistema.
- Behe-tentsioko instalazioa elikatzen duen transformadorea.
- Lineen irteera diren barrak.
- Transformadoretik zirkuitulabur-intentsitatea kalkulatu nahi dugun punturaino seriean doazen lineak.



Elementu bakoitza bere zirkuitu baliokidez adierazi behar da, sistema tentsio errealeko iturrien bidez eta beste elementu guztiak inpedantzien bidez. Hurrengo atalean, baliokideak lortzeko erabili beharreko adierazpenak ikusten dira.

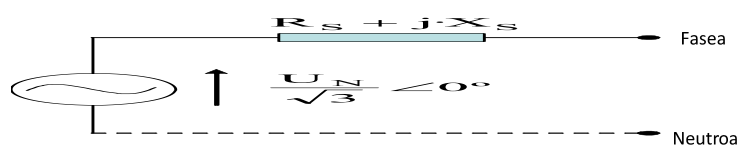
5.1 BALIOKIDEAK KALKULATZEKO FORMULAK

5.1.1 ELIKADURA-SAREA

Kapituluaaren hasieran azaldu den bezala, sistema tentsio errealeko iturri batez —haren balioa tentsio izendatu sinplearena da— eta inpedantzia batez ordezkaten da. Inpedantzia horren balioa zirkuitulabur-potentziatik kalkulatu da:

$$Z_S = 1,1 \cdot \frac{U_N^2}{S_{CC}} \quad X_S = 0,995 \cdot Z_S \quad R_S = 0,1 \cdot Z_S$$

Beraz, hau da sistemaren baliokidea:



5.1.2 TRANSFORMADOREA

Potentzia izendatua zirkuitulabur-tentsiotik eta zirkuitulabur-tentsio erresistibotik abiatzen da. Gogoan izango dugu zirkuitulabur-tentsioa hau dela:

$$u_z = \frac{Z_T \cdot I_N}{V_N} \cdot 100 = \frac{Z_T \cdot \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N}}{V_N} \cdot 100 = Z_T \cdot \frac{S_N}{U_N^2} \cdot 100$$

Hortik, transformadorearen inpedantzia askatu daiteke:

$$Z_T = \frac{u_z \cdot U_N^2}{S_N \cdot 100}$$

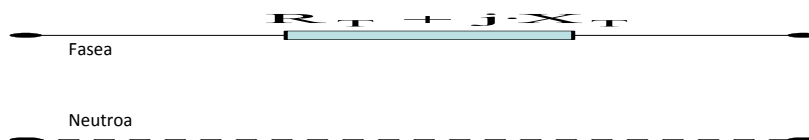
Eta, era berean, zirkuitulabur-tentsio erresistiboarekin lan eginez, transformadorearen erresistentzia kalkula daiteke:

$$R_T = \frac{u_R \cdot U_N^2}{S_N \cdot 100}$$

Azkenik, inpedantzia eta erresistentzia ezagututa, transformadorearen erreaktantzia kalkulatu da:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

Beraz transformadorea zirkuitu honetaz ordezkatu daiteke:



Garrantzitsua da gogoraraztea transformadorearen adar paraleloa, intentsitate magnetizagarria eta burdinako galerak adierazten dituen, zirkuitulabur-kasuetan baztergarria dela, transformadorearen zirkuitulabur-saiakuntzetan egiten den moduan. Transformadorearen inpedantzia baliokidea lortzeko egiten da saiakuntza hori.

5.1.3 TRANSFORMADORE BATZUK PARALELOAN

Kasu batzuetan, instalazioa paraleloan konektaturiko transformadore batzuez elikatua dago. Kasu horietan, transformadore guztiak transformadore baliokide batekin ordezkatzeko dira, eta, ondoren, aurreko atalean ikusitako formulak aplikatzen dira.

Paraleloan dauden transformadore batzuk transformadore bakar bihurtzeko, adierazpen hauek erabiltzen dira:

$$S_{NG} = S_{N1} + S_{N2} + \dots + S_{Ni} \quad u_{ZG} = \frac{S_{N1} + S_{N2} + \dots + S_{Ni}}{\frac{S_{N1}}{u_{Z1}} + \frac{S_{N2}}{u_{Z2}} + \dots + \frac{S_{Ni}}{u_{Zi}}} \quad u_{RG} = \frac{S_{N1} + S_{N2} + \dots + S_{Ni}}{\frac{S_{N1}}{u_{R1}} + \frac{S_{N2}}{u_{R2}} + \dots + \frac{S_{Ni}}{u_{Ri}}}$$

5.1.4 KABLEAK, LINEAK ETA BARRAK

Kasu guztietan, erresistentzia modu berean kalkulatu da:

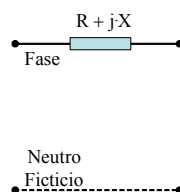
$$R = \frac{L}{\gamma \cdot S} \cdot \frac{1}{n}$$

γ 56 izanik kobrerako eta 35 aluminiarako; S sekzioa mm²-tan; L luzera m-tan; eta n lineako fase bakoitzeko eroale kopurua.

Erreaktantzia ezberdina da hiru kasuetan, eta hauek dira luzera-unitateko balioak:

- Kablea: $X_{KABLE} = 0,08 \frac{m \cdot \Omega}{m}$
- Aireko linea: $X_{AIR_LIN} = 0,33 \frac{m \cdot \Omega}{m}$
- Barra: $X_{BARRA} = 0,12 \frac{m \cdot \Omega}{m}$

Formula horiek aplikatuz, kableak, lineak edo barrak inpedantzia honetaz ordeztu daitezke:



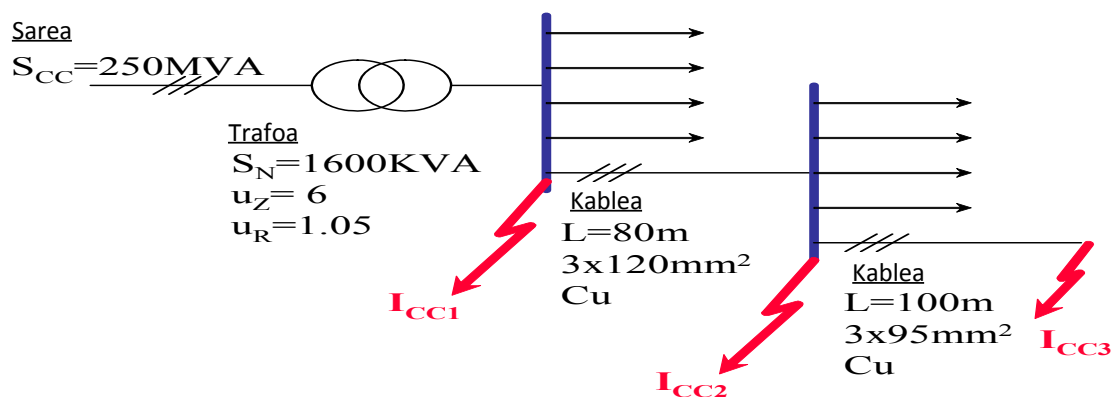
5.2 KALKULU-PROZEDURA

Hauek dira zirkuitulaburren kalkuluan jarraitu behar diren pausoak:

- 1 Instalazioaren datuetatik abiatuta eta ikusitako formulak aplikatuz, elementu bakoitzaren baliokidea kalkulatu da.
- 2 Iturriaren eta zirkuitulabur-intentsitatea kalkulatu nahi den puntu bakoitzaren arteko inpedantzia osoa kalkulatu da.
- 3 Inpedantzia osoarekin eta tentsioarekin, zirkuitulabur-intentsitate efikaza kalkulatu da.
- 4 Potentzia-faktorea kalkulatu da, eta, grafikoaren bitartez, " χ "-ren balioa.
- 5 Intentsitate efikazarekin eta " χ "-ren balioarekin, punta- edo gandor-intentsitatea kalkulatu da.
- 6 Intentsitate efikaza eta tentsio izendatuarekin, zirkuitulabur-potentziak kalkulatu dira.
- 7 Informazioa biltzen da.

6. ADIBIDEA

Irudian adierazitako instalazioan, kalkulatu erregimen iraunkorreko zirkuitulabur-intentsitateak, punta- edo gandor-intentsitateak eta zirkuitulabur-potentziak, adierazten diren puntuetan.



Ebazpena. 5.2 atalean adierazitako prozedura erabiltzen da:

- 1 Instalazioaren datuetatik eta ikusitako formuletatik abiatuta, tarte bakoitzaren baliokidea kalkulatu da:

Sistema:

$$\begin{cases} S_{CC} = 250 \text{ MVA} \\ U_N = 400 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow Z_S = 1,1 \cdot \frac{U_N^2}{S_{CC}} = 0,704 \text{ m}\Omega \Rightarrow \begin{cases} X_S = 0,995 \cdot Z_S = 0,7 \text{ m}\Omega \\ R_S = 0,1 \cdot Z_S = 0,07 \text{ m}\Omega \end{cases}$$

Transformadorea:

$$\begin{cases} S_N = 1600 \text{ kVA} \\ u_Z = 6 \\ u_R = 1,05 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_T = \frac{u_Z \cdot U_N^2}{S_N \cdot 100} = 6 \text{ m}\Omega \\ R_T = \frac{u_R \cdot U_N^2}{S_N \cdot 100} = 1,05 \text{ m}\Omega \end{cases} \Rightarrow X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 5,907 \text{ m}\Omega$$

1. Kablea:

$$\begin{cases} L = 80 \text{ m} \\ s = 120 \text{ mm}^2 \\ \rho_{Cu} = \frac{1}{56} \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \Omega \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{L_1} = \rho_{Cu} \cdot \frac{L}{s} = 11,905 \text{ m}\Omega \\ X_{L_1} = L \cdot X_{L_{p.u.}} = 6,4 \text{ m}\Omega \end{cases}$$

$$X_{L_{p.u.}} = 0,08 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}$$

2. Kablea:

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 100 \text{ m} \\ s = 95 \text{ mm}^2 \\ \rho_{Cu} = \frac{1}{56} \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \Omega \\ X_{L_{p.u.}} = 0,08 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_{L_1} = \rho_{Cu} \cdot \frac{L}{s} = 18,797 \text{ m}\Omega \\ X_{L_1} = L \cdot X_{L_{p.u.}} = 8 \text{ m}\Omega \end{array} \right.$$

- ② *Iturriaren eta zirkuitulabur-intentsitatea kalkulatu nahi den puntu bakoitzaren arteko inpedantzia osoa kalkulatzen da:*

$$Z_{CC_1} = (R_S + R_T) + j \cdot (X_S + X_T) = 1,12 + j \cdot 6,608 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CC_2} = Z_{CC_1} + R_{L_1} + j \cdot X_{L_1} = 13,025 + j \cdot 13,008 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CC_3} = Z_{CC_2} + R_{L_2} + j \cdot X_{L_2} = 31,822 + j \cdot 21,008 \text{ m}\Omega$$

- ③ *Inpedantzia osoarekin eta tentsioarekin, zirkuitulabur-intentsitate efikaza kalkulatzen da:*

$$I_{CC_1} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot |Z_{CC_1}|} = 34,457 \text{ kA}$$

$$I_{CC_2} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot |Z_{CC_2}|} = 12,546 \text{ kA}$$

$$I_{CC_3} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot |Z_{CC_3}|} = 6,056 \text{ kA}$$

- ④ *Potentzia-faktorea kalkulatzen da, eta, grafikoa erabiliz, “ χ ”-ren balioak lortzen dira:*

$$\cos \varphi_{CC_1} = \frac{\text{Re}(Z_{CC_1})}{|Z_{CC_1}|} = 0,167 \Rightarrow \chi = 1,6$$

$$\cos \varphi_{CC_2} = \frac{\text{Re}(Z_{CC_2})}{|Z_{CC_2}|} = 0,708 \Rightarrow \chi = 1,1$$

$$\cos \varphi_{CC_3} = \frac{\text{Re}(Z_{CC_3})}{|Z_{CC_3}|} = 0,835 \Rightarrow \chi = 1,05$$

- ⑤ *Zirkuitulabur-intentsitate efikazarekin eta “ χ ”-rekin, punta, edo gandor-intentsitateak kalkulatzen dira:*

$$I_{S_1} = \chi_1 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC_1} = 77,968 \text{ kA}$$

$$I_{S_2} = \chi_2 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC_2} = 19,516 \text{ kA}$$

$$I_{S_3} = \chi_3 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC_3} = 8,993 \text{ kA}$$

- ⑥ *Intentsitate efikazekin eta tentsio izendatuarekin, zirkuitulabur-potentziak kalkulatzen dira:*

$$S_{CC_1} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{CC_1} = 23,873 \text{ MVA}$$

$$S_{CC_2} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{CC_2} = 8,692 \text{ MVA}$$

$$S_{CC_3} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{CC_3} = 4,196 \text{ MVA}$$

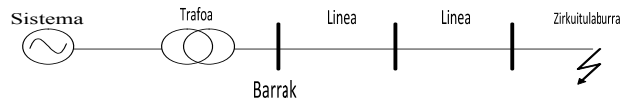
- ⑦ *Informazioa laburbiltzen da.*

7. LABURPENA

Zirkuitulabur monofasikoa:

$$I_{CC}^{MONO} = \frac{V_N}{Z + Z_N} = \frac{U_N}{\sqrt{3}(Z + Z_N)} \leq \frac{U_N}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot Z} = 0,5 \cdot I_{CC}^{TRI}$$

$$S_{neutroa} \leq S_{fasea}$$



$$S_{CC} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{CC}$$

Zirkuitulabur bifasikoa:

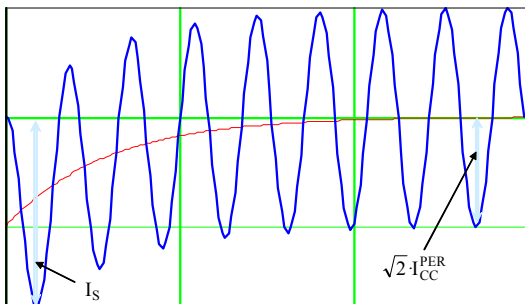
$$I_{CC}^{BI} = \frac{U_N}{2 \cdot Z} = 0,87 \cdot I_{CC}^{TRI}$$

Sarea:

$$Z_S = 1,1 \frac{U_N^2}{S_{CC}} \Rightarrow \begin{cases} X_S = 0,995 \cdot Z_S \\ R_S = 0,1 \cdot Z_S \end{cases}$$

Zirkuitulabur trifasikoa:

$$I_{CC}^{TRI} = \frac{V_N}{Z} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot Z}$$



Transformadorea:

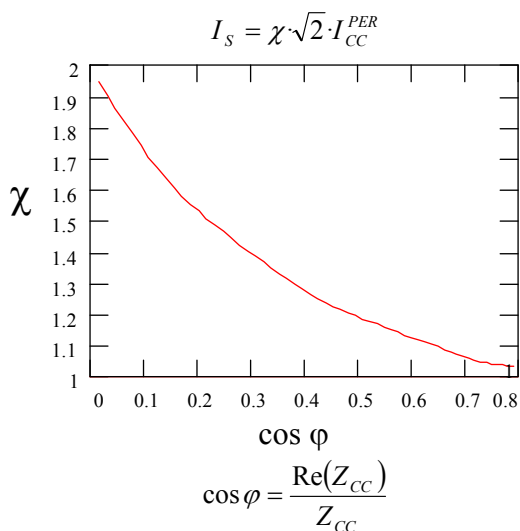
$$Z_T = \frac{u_Z \cdot U_N^2}{S_N \cdot 100} \Rightarrow \begin{cases} R_T = \frac{u_T \cdot U_N^2}{S_N \cdot 100} \\ X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \end{cases}$$

Linea:

$$\begin{cases} R = \frac{L}{\gamma \cdot S} \cdot \frac{1}{n} \\ X = L \cdot X_i \cdot \frac{1}{n} \end{cases}$$

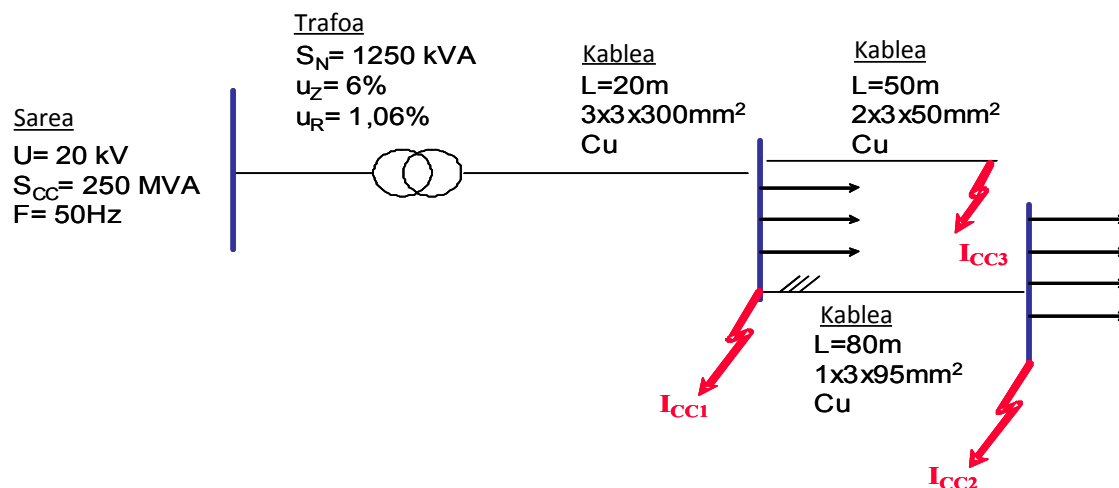
$n = \text{fase bakoitzeko eroale kopurua}$

$$\begin{cases} \gamma_{Cu} = 56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \\ \gamma_{Al} = 35 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \end{cases} \begin{cases} X_{kablea} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \\ X_{airekolinea} = 0,33 \frac{m\Omega}{m} \\ X_{barra} = 0,12 \frac{m\Omega}{m} \end{cases}$$



8. ARIKETA PROPOSATUAK

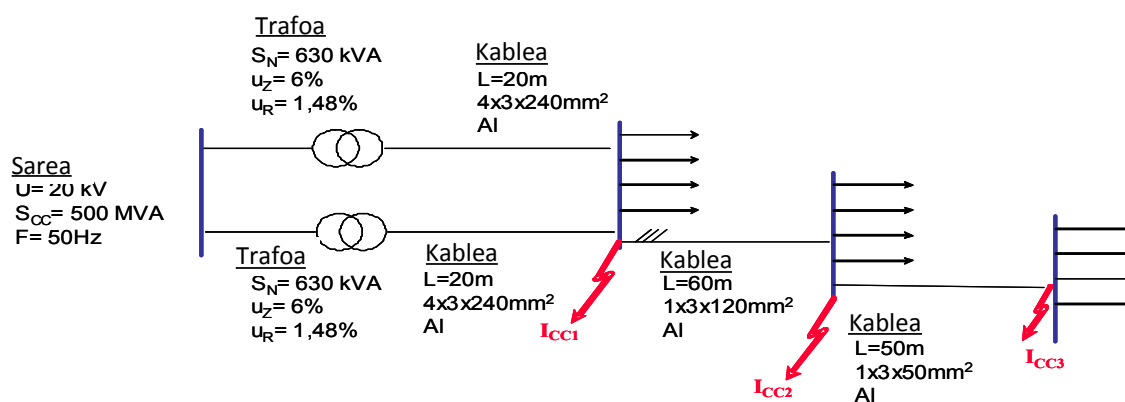
1. Diagraman agertzen den instalazioan, kalkulatu erregimen iraunkorreko zirkuitulabur-intentsitateak, punta- edo gandor-intentsitateak eta zirkuitulabur-potentziak, adierazitako puntuetan.



Elementua	Erresistentzia [mΩ]	Erreaktantzia [mΩ]
Iturriko inpedantzia	0,07	0,7
Transformadorea	1,357	7,559
Kablea 20 m	0,397	0,533
Kablea 80 m	15,04	6,4
Kablea 50 m	8,929	2

Puntua	Zirkuitulabur-intentsitate efikaza [kA]	Punta-intentsitatea [kA]	Zirkuitulabur-potentzia [MVA]
1 (barra)	25,72	56,01	17,82
2 (kablearen bukaera)	10,18	15,11	7,05
3 (kablearen bukaera)	15,16	22,72	10,5

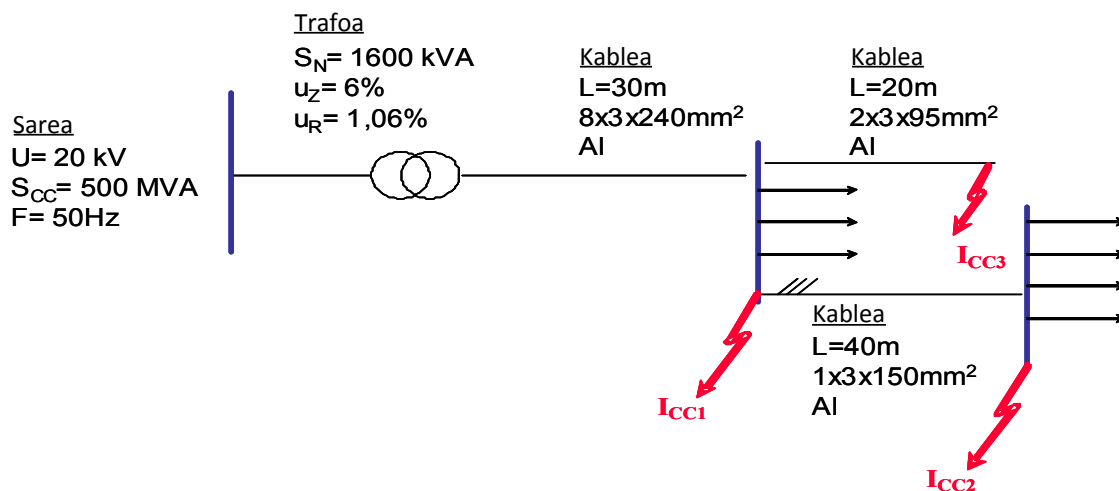
2. Diagraman agertzen den instalazioan, kalkulatu erregimen iraunkorreko zirkuitulabur-intentsitateak, punta- edo gandar-intentsitateak eta zirkuitulabur-potentziak, adierazitako puntuetan.



Elementua	Erresistentzia [mΩ]	Erreaktantzia [mΩ]
Iturriko inpedantzia	0,035	0,35
Transformadorea	3,759	15
Kablea 20 m	0,595	0,4
Kablea 60 m	14	4,8
Kablea 50 m	29	4

Puntua	Zirkuitulabur-intentsitate efikaza [kA]	Punta-intentsitatea [kA]	Zirkuitulabur-potentzia [MVA]
1 (barra)	28,04	57,1	19,43
2 (kablearen bukaera)	11,08	16,3	7,677
3 (kablearen bukaera)	48,04	6,929	3,328

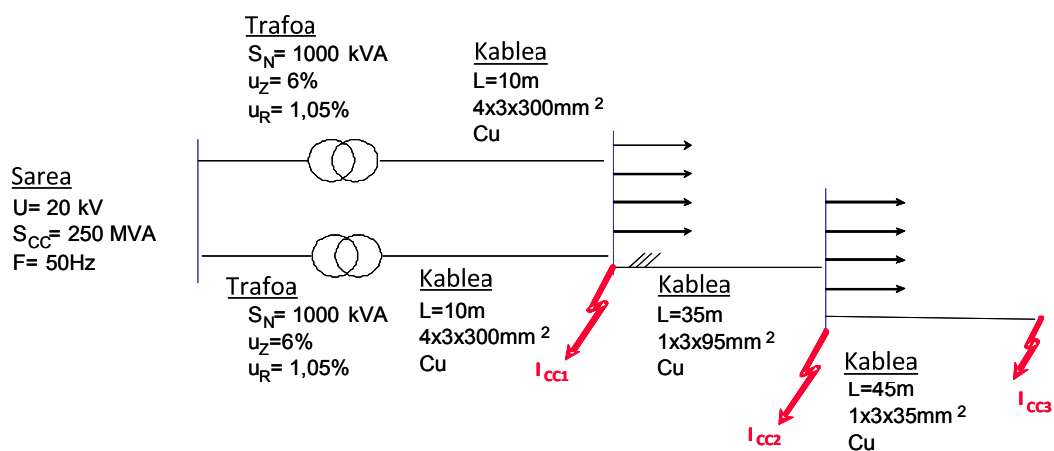
3. Diagraman agertzen den instalazioan, kalkulatu erregimen iraunkorreko zirkuitulabur-intentsitateak, punta- edo gandor-intentsitateak eta zirkuitulabur-potentziak, adierazitako puntuetan.



Elementua	Erresistentzia [mΩ]	Erreaktantzia [mΩ]
Iturriko inpedantzia	0,035	0,35
Transformadorea	1,06	5,906
Kablea 30 m	0,446	0,3
Kablea 40 m	7,619	3,2
Kablea 20 m	3,008	0,8

Puntua	Zirkuitulabur-intentsitate efikaza [kA]	Punta-intentsitatea [kA]	Zirkuitulabur-potentzia [MVA]
1 (barra)	34,29	72,74	23,76
2 (kablearen bukaera)	17,26	25,87	11,96
3 (kablearen bukaera)	26,7	43,8	18,5

4. Diagraman agertzen den instalazioan, kalkulatu erregimen iraunkorreko zirkuitulabur-intentsitateak, punta- edo gandor-intentsitateak eta zirkuitulabur-potentziak, adierazitako puntuetan.



Elementua	Erresistentzia [mΩ]	Erreaktantzia [mΩ]
Iturriko inpedantzia	0,07	0,7
Transformadorea	1,68	9,452
Kablea 10 m	0,149	0,2
Kablea 35 m	6,579	2,8
Kablea 45 m	23	3,6

Puntua	Zirkuitulabur-intentsitate efikaza [kA]	Punta-intentsitatea [kA]	Zirkuitulabur-potentzia [MVA]
1 (barra)	41,14	93,09	28,5
2 (kablearen bukaera)	20,53	31,36	14,22
3 (kablearen bukaera)	70,47	10,17	4,882

6. GELA PRAKTIKA: ETENGAILU AUTOMATIKOAK

1. INSTALAZIO ELEKTRIKOEN USTIAPEN-EZAUGARRIAK

Instalazio orok, funtzionamenduan zehar, energia elektrikoaren elikadura-prozesuan bi operazio-egoera izan ditzake, normala eta anormala. Egoera horiek instalazioan kalteak edo irregulartasunak e ditzakete.

Elikadura-seinalearen magnitudea eta magnitudearen aldaketa motaren arabera, etengailu magnetotermikoek ahalmena izan beharko dute seinale hori instalaziorako kaltegarria den ala ez bereizteko.

Esaten da barne-instalazio baten funtzionamendu-egoera normala dela, aldagai elektrikoak (tentsioa, intentsitatea, isolamendua, tenperatura, etab.) aurretik finkaturiko balioen artean daudenean. Balio horiek indarrean dauden araudi elektrikoetakoak eta instalazioan dauden ekipo elektrikoaren fabrikatzaileek eskatutakoak izango dira.

Askotan, proiektugileak araudi elektrikoek bakarrik begiratzen die, eta ez ditu kontuan hartzen ekipoen fabrikatzaileen eskakizunak, baina horiek dira, azken finean, diseinaturiko instalazio elektrikoaren erabiliko dutenak.

Demagun tentsio erorketa-maximo onargarria tentsio izendatuaren % 3 dela; kasu honetan, sistema monofasiko bat hartuz, balio hori 6,9 V izango da. Adibidez, eroalea dimentsionatzean, tentsio-erorketa 5,5 V dela ikusi bazen, argi dago araudia betetzen dela, baina, zeri egiten dio kalte tentsio-erorketak? Argi dago kargari kalte egiten diola; adibidez, ekipoaren fabrikatzaileak baldintza normaletan 2 V-eko tentsio-erorketa maximoa onartzen badu, argi dago ekipoak ez duela behar den moduan funtzionatuko.

Egoera anormala gertatzen da parametro elektriko bat edo gehiago aurretik finkaturiko balioetatik kanpo dagoenean.

Egoera hori ekiditeko beharrezkoak diren elementuak gehitzea litzateke sistemaren funtzionamendu anormal hori konpontzeko modua. Konponbide hori, printzipioz, ezinezkoa da praktikan jartzea eta bertara gehiegi hurbiltzea oso garestia eta justifikazio gabea litzateke,

ekarriko lukeen kostuak instalazioaren balioan pisu handia hartuko lukeelako. Horren aurrean, praktikan egiten dena zera da, egoera anormal horiek sorturiko kalteak ahalik eta gehien gutxitzea; horretarako, kasu hipotetiko bakoitzaren analisi banandua egiten da, eta aukera guztiak aztertzen dira.

Erabiltzen diren konponbide gehienak babesgailuak dira. Babesgailuen funtzioa sistemaren funtzionamendu-baldintza anormalen efektuak gutxitzea da. Horretarako, kalteturiko elementua energiari gabe uzten da, zerbitzuaren kalitatea mantentzeko helburuarekin, kalteturiko elementuak bakarrik isolatzen dituztelako.

Baldintza anormalak bi motatakoak izan daitezke, perturbazioak edo faltak, eta, horren ondorioz, babesgailu magnetotermikoek arazoa agertu den ekipoarekin zer egin erabaki beharko dute, hots, ea elikadura eten beharko dioten ala ez.

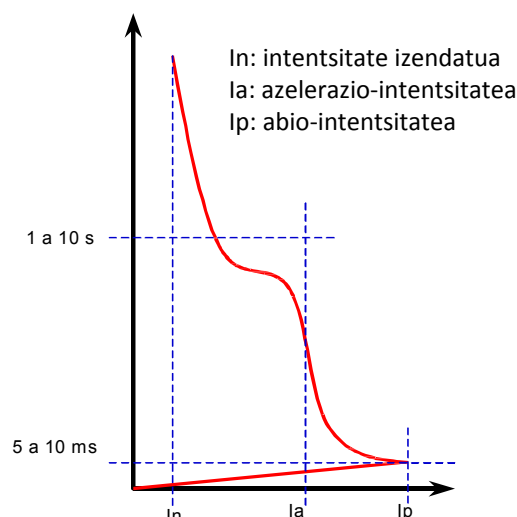
Babesgailuek faltak zein perturbazioak detektatu eta bereizi behar dituzte, sistemaren elementu batean falta bat gertatzeak sistema osoaren perturbazioa baitakar. Ekipo akastuna isolatzean, aldi berean perturbazioa desagertzen da, eta, horrela, zerbitzua egoera normalera itzultzen da.

Perturbazioak iraupen laburreko egoera anormalak dira. Oro har, ez dute instalaziorako arriskurik sortzen, baina haien iraupena luzatuz gero ekipo batzuei kalte egin diezaiekete.

Sistema elektrikoan barnean, askotariko perturbazio motak gerta daitezke; arruntena abioko gainintensitatea da.

Abio-gainintensitatea elementu baten pizte-prozesuan gertatzen den intentsitate-igoera da. Normalean, fenomeno hori karga inductiboetan gertatzen da (motorrak, transformadoreak, deskarga-lanparak, etab.).

Motorrek, abio-intensitateaz gainera, azelerazio-intensitate bat ere izaten dute, nahiz eta abiokoa baino txikiagoa izan, izendatua baino handiagoa.



Babesgailuak perturbazioak faltekin ez nahasteko dimentsionatu behar dira, hots, selektiboak izan behar dute.

Perturbazioek ez bezala, faltek sistema elektrikoaren elementu bati edo bati baino gehiagori kalte egin diezaiakete, eta babesgailuek berehala lan egin beharko dute ekipoak kaltetuak gerta ez daitezzen.

Falten artean, arruntenak galkargak eta zirkuitulaburrak dira. Ez arruntenen artean, eroaleen irekiera, makina sinkronoen eszitazioaren galera, etab. daude, eta, azken finean, zirkuitulaburren ondorio antzekoak sortzen dituzte.

- Linea edo ekipo bat galkarga-egoeran dagoela esaten da beraren intentsitatea intentsitate izendatua baino handiagoa denean potentzia-eskakizun jakin baterako. Galkargak gainintentsitate luze edo laburrak izan daitezke, iraupenari dagokionez.
- Zirkuitulaburra iturri beretik elikatuak dauden eta tentsio ezberdina duten bi eroaleren arteko isolamendua desagertzea da, bien artean inpedantzia egoki bat tartekatuta gabe.

Zirkuitulaburra eroaleen arteko kontaktu zuzenaren bidez gerta daiteke (zirkuitulabur metaliko deritze). Beste aukera bat da isolamendua narriatzea edo apurtzea, zirkuitulabur bilakatzen diren arku edo ihesetan gertatzen den bezala.

2. ETENGAILU MAGNETOTERMIKOAK

Etengailu magnetotermiko edo automatikoak, ginkargen eta zirkuitulaburren aurka babesten duten gailuak dira. Gainera, zirkuituak maniobratzeko eta ebakitzeko tresna gisa ere erabil daitezke.



Merkatuan, bi babesgailu magnetotermiko mota daude, bata kutxa moldekatukoa eta bestea modularra.

2.1 BABESGAILU MODULARRAK

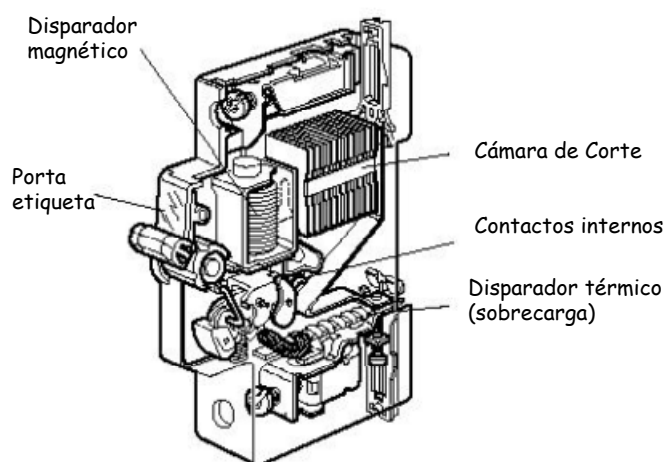
Babesgailu modular edo txikiak, normalean, etxebizitzetan, zerbitzu-sektorean eta industria batzuetan erabiltzen dira. Babesgailu horien ezaugarri nagusia desarra-kurba finkoa da, fabrikazio-prozesuan finkatua; beraz, erabiltzaileak ez dauka kurba hori aldatzeko aukerarik.

2.1.1 ERAIKITZE-EZAUGARRIAK

Hauek dira babesgailu magnetotermikoen eraikitze-ezaugarri nagusiak:

- *Barne-kontaktuak (finkoa eta mugikorra)*: tresnaren eta deskonexio automatikoaren elementuen kontaktuak kontrolatzen dituzte. Kontaktuak zilarrez egiten dira, zilarrak soldaduraren aurkako babes handia eskaintzen duelako, eta, aldi berean, zerbitzu normalean egiteko maniobren iraupen luzea bermatzen dutelako.

- *Kliskagailu termikoa*: bimetal batek osatzen du, gainintentsitate baten zirkulazioaren Joule efektuak sortzen duen temperaturarekin dilatatzeko. Dilatazio horrek zirkuituaren irekiera eragiten du, kontaktu mugikorra kontrolatzen baitu, eta kontaktu finkotik banandu egiten baitu.
- *Kliskagailu magnetikoa*: haril batek osatzen du; bertatik gehiegizko intentsitate bat pasatzean, beraren barneko gunea mugitzeko bezainbesteko eremu magnetikoa sortzen da; horrek deskonexio-mekanismoari eraginez, kontaktuak irekiarazten ditu. Kliskagailu magnetikoak bat-batean eragiten du gainintentsitate handietarako.
- *Etendura-ganbera*: falta-intentsitate bate zirkulatzeagatik kontaktuak irekitzen direnean sortzen den arku elektrikoa hozteko elementua da. Burdinazko plaka metaliko batzuk ditu, elkarren artean isolatuak, arku hoztea eragiten dutenak, arku plaka-bikote bakoitzaren artean sortzen diren arku txikietan banatzen baita; arkuaren tentsioa aplikaturiko tentsioaren aurkako noranzkoan handitzen da, eta efektu horrek arku iraungitzea dakar. Modu horretan, zirkuitulabur-intentsitatea nabarmen mugatzen da, eta arkuaren tentsioak aplikaturiko tentsioaren balioa lortzen duenean iraungitzen da.



2.1.2 FUNTZIONAMENDU-EZAUGARRIAK

Disjuntorea bi efekturen ondorioz kliskatu daiteke:

- *Gainkarga*: gainkarga edo beroketa kasuan, bimetala dilatatu egiten da, eta disjuntorearen kliskatzea eragiten du. Disjuntorearen erreakzio-denbora zeharkatzen duen intentsitatearekiko alderantziz proportzionala da:

$$t = \frac{E}{R \cdot I^2}$$

Non:

- E: Energia, jouletan.
- R: Bimetalaren erresistentzia, Ω -etan.
- I: Intentsitatea, amperetan.
- t: Denbora, segundotan.

Gainkarga edo beroketa ahulen kasuan, bimetala astiro-astiro berotzen da erreakzio-denbora handi batean zehar; gainkarga handi baten kasuan, ordea, bimetala azkar berotzen da, eta erreakzio azkarra sortzen du.

- *Zirkuitulaburra*: zirkuitulabur baten kasuan, elementu elektromagnetikoak disjuntorea denbora-tarte oso labur batean irekitzen du, milisegundoen ordenako tarte batean.

Oro har, kontaktuen irekiera-denbora, gehien jota, oinarrizko seinale alternoaren lehen zikloerdiaren iraupenaren berdina da, hots:

$$t = \frac{1}{2 \cdot f}$$

Non:

- f: Seinalearen frekuentzia, hertzetan.
- t: Denbora, segundotan.

2.1.3 DESARRA-EZAUGARRIAK

Babesgailu magnetotermiko modularrak hiru kurba-familiatan sailkatzen dira, babesgailuaren deskonexio-denboraren eta intentsitatearen arabera. Kurba horiek erreferentzia-intentsitate hauen bidez definitzen dira:

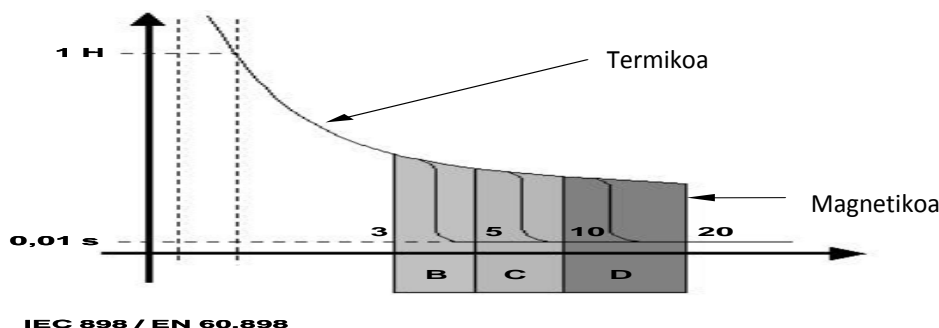
- *Intentsitate Izendatua* (I_N): babesgailuaren fabrikazio-espezifikazio guztiak erabiltzen duten balioa, eta funtzionamendu-balioa adierazten duena.
- *Ez funtzionatzeko intentsitatea* (I_{NF}): etengailuaren desarra sortzen ez duen gainintentsitate maximoa ohiko denboraren barnean.
- *Funtzionatzeko intentsitatea* (I_F): etengailuaren desarra sortzen duen gainintentsitatearen balio minimoa ohiko denboraren barnean.

Erabiltzen den normaren arabera, aurreko intentsitateek balio ezberdinak dituzte.

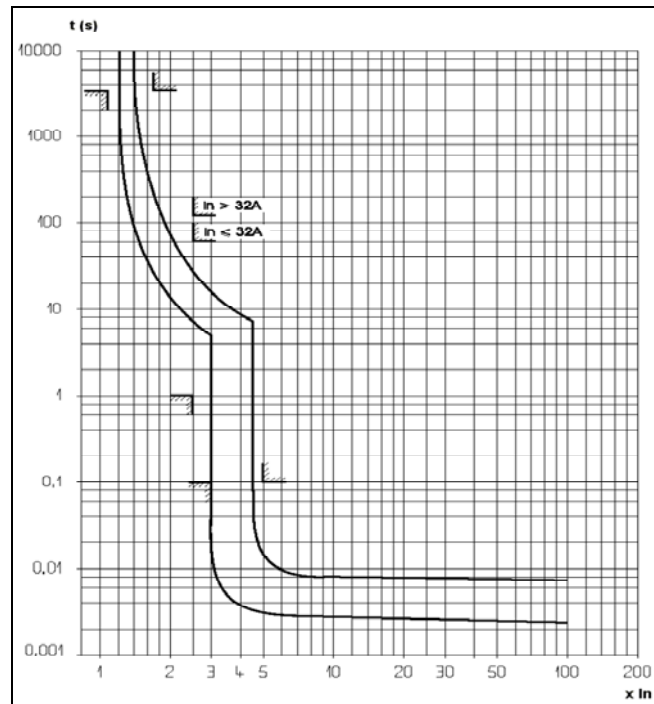
Etengailu automatiko modularren intentsitate-ezaugarriak (IECren arabera)				
Araua	I_N	I_{NF}	I_F	Ohiko denbora
IEC 947 – 2	< 63 A	1,05 I_N	1,30 I_N	1,0 ordu
	> 63 A	1,05 I_N	1,30 I_N	2,0 ordu
IEC 898	< 63 A	1,13 I_N	1,45 I_N	1,0 ordu
	> 63 A	1,13 I_N	1,45 I_N	2,0 ordu

Babesgailu magnetotermikoen kurbak osagai magnetikoaren ezaugarriaren arabera sailkatzen dira.

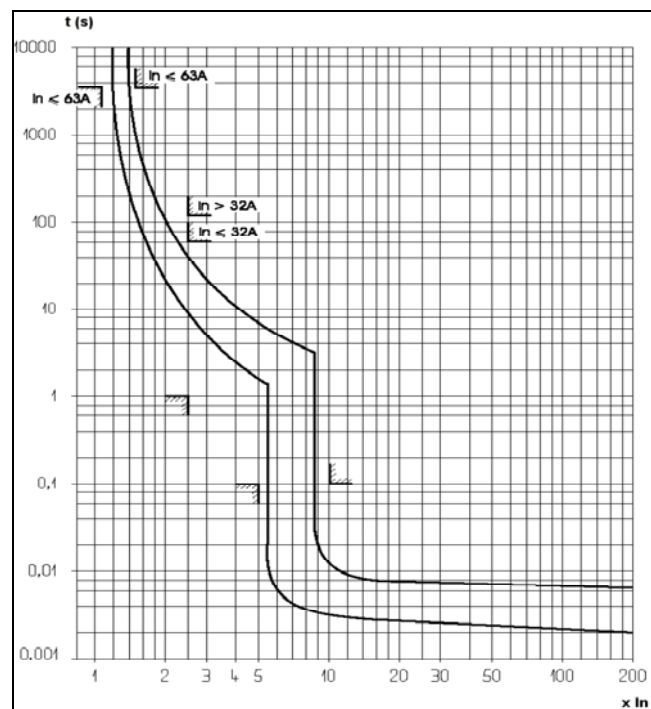
- *B Mota.* Zirkuitu magnetikorik laburrena du, eta balio txikiko zirkuitulaburren deuseztatzea ahalbidetzen du. Kontrol eta argiztapen erresistiboaren zirkuituetan erabiltzen da. I_N -ren 3tik 5erako intentsitateekin egiten dute desarra.
- *C Mota.* Instalazio arruntetan erabiltzen den mota unibertuala da. Normalean, lineak babesteko erabiltzen dira. I_N -ren 5etik 10erako intentsitateekin egiten dute desarra.
- *D Mota.* Intentsitate-punta handiak gertatzen diren zirkuituak babesteko erabiltzen dira. Egokiak dira transformadore txikiak, motorrak, etab. babesteko, zirkuitulabur-intentsitate handiak onartzen dituztenez ez delako arazorik agertuko abio-intentsitateekin. I_N -ren 10etik 20erako intentsitateekin egiten dute desarra.



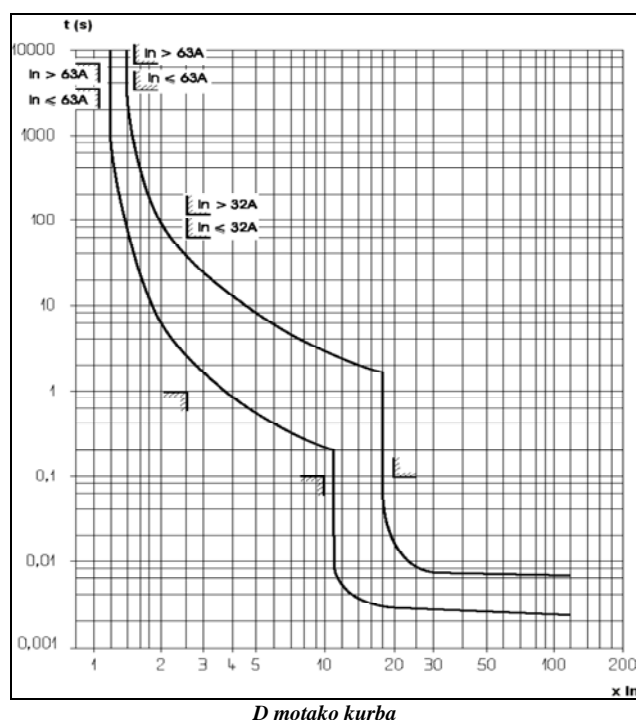
Ondorengo orrietan, Legrand markako DX motako etengailu automatikoen kurbak adierazten dira, haren katalogo orokorretik ateratakoak.



B motako kurba



C motako kurba



2.1.4 ETENDURA-AHALMENA

Etengailuak ireki dezakeen zirkuitulabur-intentsitaterik handiena da, arauak finkatzen dituen tentsio, potentzia-faktore eta zirkuitulaburraren baldintzetan.

“Haustura-ahalmena” da etengailuak kontaktuak ireki arteko denbora-tartean aurreikusitako zirkuitulabur-intentsitatearen osagai alternoa. Intentsitate hori eteteko gai izan beharko du finkaturiko baldintzetan, eta bere operazio-sekuentzia kontuan hartuz.

Babesgailuak, zirkuitulaburra ireki ondoren, gai izan beharko du era normalean funtzionatzeko eta arauaren eskakizunak betetzeko.

Etengailu automatikoaren haustura-ahalmen horrek protekzioa kokatua dagoen puntuan kalkulaturiko zirkuitulabur-intentsitatea baino handiagoa edo berdina izan beharko du, instalazioa babesteko esfortzurik gertatuko balitz.

IEC 898 (etxebizitzak) eta IEC 947-2 (industriak) arauak bi haustura-ahalmen definitzen dituzte babesgailu berarentzat, froga sekuentziaren funtziopean:

- *Zerbitzuko Etendura Ahalmena.*

O–t–CO–t–CO sekuentziarekin eginiko saiakuntza.

- *Azkeneko Etendura Ahalmena.*

O–t–CO sekuentziarekin eginiko saiakuntza.

Non:

- O (open): Zirkuitulaburraren irekiera.
- t (time): Hozte-denbora.
- CO (close-open): Itxi-ireki operazioa zirkuitulaburra eten ez denean.

Saiakuntza horiek, funtsean, babesgailu batek izango duen haustura-ahalmena definitzen dute, erabileraren arabera (etxebizitzetan edo industrietan). Ezaugarri hori azkeneko eta zerbitzuko zirkuitulaburraren balioen arteko erlazioak definituko du.

2.1.4.1.AZKENEKO ETA ZERBITZUKO ETENDURA-AHALMENEN ARTEKO ERLAZIOA

I_{CU} eta I_{CS} -ren arteko erlazioa “k” faktorearen bidez adierazten da arauetan:

6 kA arte, $k=1$; ondorioz, 6 kA baino gutxiagoko azkeneko etendura-ahalmena (I_{CU}) duten etengailuen saiakuntza baldintza gogorrenetan egin behar dira (O – t – CO – t – CO).

Etengailu modularren k faktoreak (IEC 898 eta IEC 947-2 arauen arabera)	
Azkeneko zirkuitulabur-ahalmena (I_{CU})	k faktorea
$I_{CU} < 6.000 \text{ A}$	1
$6.000 \text{ A} < I_{CU} < 10.000 \text{ A}$	0,75 ($I_{CS} = 6.000 \text{ A}$ balio minimoa)
$I_{CU} > 10.000 \text{ A}$	0,5 ($I_{CS} = 7.500 \text{ A}$ balio minimoa)

Kontuan hartu da etengailu horiek normalean etxebizitzetan erabiltzen direla, hau da, erabiltzaileek ez dute etengailuei buruzko ezagutza espezifikorik haien funtzionamendua zirkuitulabur baten aurrean ebaluatzeko eta behar izanez gero ordezkatzeko (IEC 898).

I_{CU} -ren balioak 6 kA baino handiagoak diren kasuetarako, k faktoreak etengailuei azkeneko etendura-ahalmena zerbitzuko baina handiagoa finkatzen die, industrian erabiltzen diren babesgailuak direlako (IEC 947 – 2).

2.2 KUTXA MOLDEKATUKO BABESGAILUAK

Kutxa moldekatuko babesgailuak modularren antzekoak dira eraikitze, funtzionamendu eta operazio aldetik, baina erabiltzaileari operazio-baldintzak aldatzeko aukera eskaintzen die, eta hori dute ezberdintasun nagusia. Kutxa moldekatuko babesgailuek kliskagailu termikoaren eta magnetikoaren erregulazioa ahalbidetzen dute, bai anplitudean zein operazio-denboran, modelo bakoitzaren arabera.

Kutxa moldekatuko babesgailuen aplikazio-eremua, normalean, zerbitzu-sektorea eta industria dira, haien ezaugarri eta trinkotasuna direla eta, batez ere balio handiko zirkuitulaburren aurrean.

Gaur egun, kutxa moldekatuko babesgailuetan elektronika sartu da, eta haien portaera eta aukerak nabarmen handitu dira haien tamaina handitu gabe. Berrikuntza hori oso garrantzitsua da, babesgailuen tamaina txikitu egin delako haien ezaugarriak aldatu gabe. Ondorioz, instalazio handietan koadro elektrikoaren kostua asko txikitzea lortu da.

Babesgailu elektronikoek badute beste abantaila bat: lau hariko sistema trifasikoetako neutroa babesten dute karga monofasiko ez-linealen aurrean. Karga horiek (batez ere, ordenagailuak), zero sekuentziako eta hirugarren ordenako intentsitate harmonikoak sortzen dituzte, eta nabarmen handitzen dute neutroetako intentsitatea; ondorioz, gainkarga-arriskua areagotu egiten da, eroale aktiboak (faseak) bakarrik babesten dituzten babesgailuak erabiliz gero. Babesgailu elektronikoek neutroaren poloaren operazio-intentsitatea erregulatzeko aukera ematen dute, faseen % 0, % 50 eta % 100era adibidez.

2.2.1 SAILKAPENA

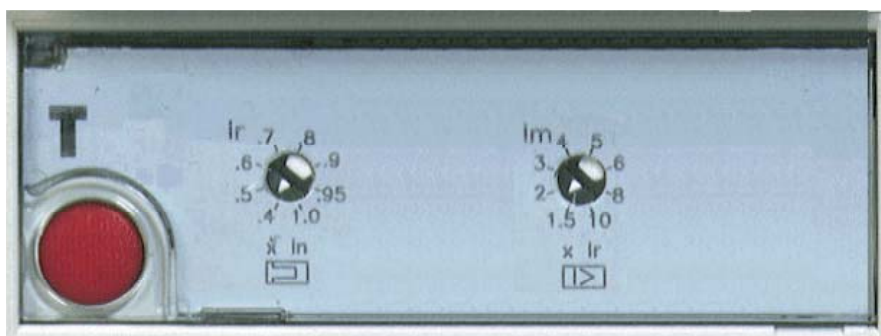
Kutxa moldekatuko babesgailuak bi erabilera-kategoriatan sailkatzen dira IEC 947-2 arauaren arabera: "A" eta "B".

Erabilera-kategoria etengailuaren berezko selektibitate-aukeraren arabera egiten da, hots, zirkuitulabur baten aurrean, berarekin batera eta beraren azpitik seriean jarritako babesgailuekin era koordinatuan aritzeko duen aukeraren arabera.

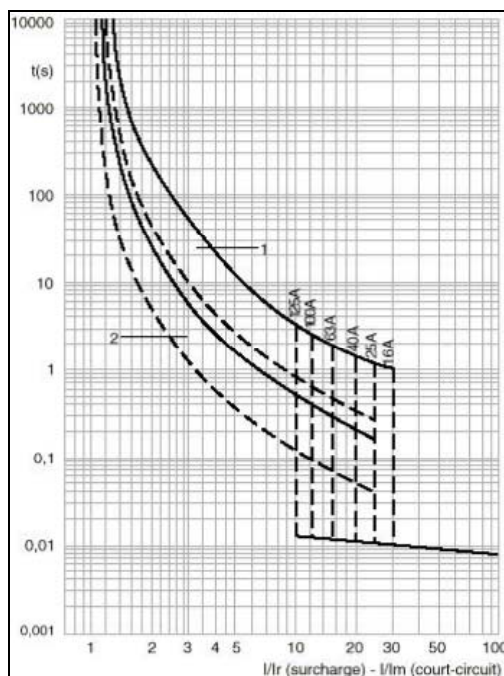
2.2.1.1.A KATEGORIA

Babesgailu horiek ez daude espezifikoki diseinatuta selektiboak izateko (ez dute atzerapen-denborarik).

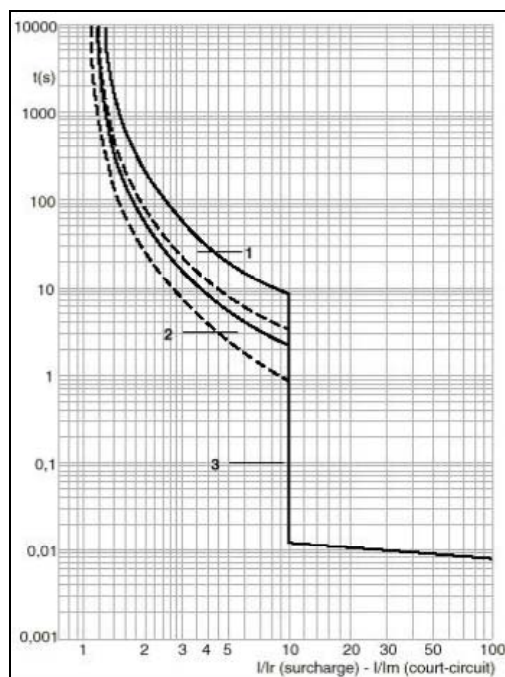
Normalean, kategoria honetako etengailuak elektromekanikoak izaten dira, erregulazio-denbora finkoa dutelako eta erregulazio-aukera bakarra intentsitatearen anplitudea delako.



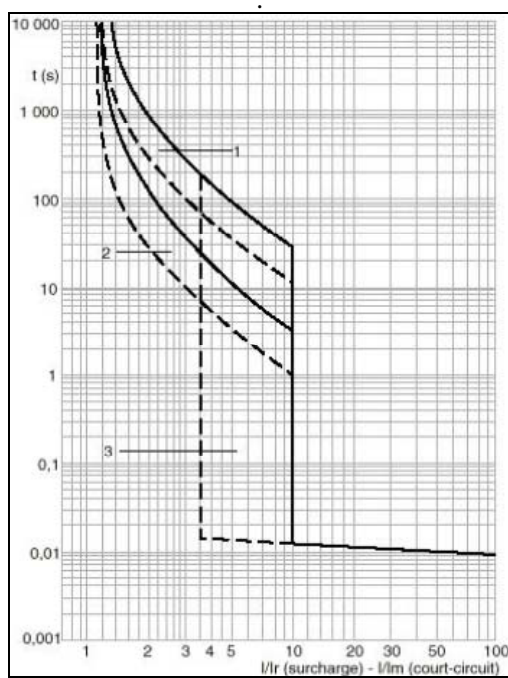
Ondoren, Legrand markako DPX modeloko A kategoriako babesgailuen kurbak adierazten dira:



Termiko erregulagarria eta magnetiko finkoa duen DPX 125aren kurba.



Termiko erregulagarria eta magnetiko finkoa duen DPX 160aren kurba



Termiko eta magnetiko erregulagarriak dituen DPX 250aren kurba.

2.2.1.2. B KATEGORIA

Babesgailu horiek espezifikoki diseinatuak daude haien azpitik seriean jarritako beste etengailuekin era koordinatuan lan egiteko (atzerapen-denborarekin).

Iraupen laburreko atzerapen bat (gutxienez, 0,05 segundo) eta denbora horretan zehar jasan dezaketen zirkuitulabur-intentsitate jakin bat daukate, I_{CW} delakoa (fabrikatzaileak IEC arauaren arabera egindako saiakuntzaren bidez lortua).

IEC arauaren arabera, I_{CW} -a etengailuak atzerapen-denbora jakin batean kalterik gabe jasan dezakeen zirkuitulabur-intentsitatea da. IEC 947-2 arauak finkatzen dituen atzerapen-denborak 0,05, 0,1, 0,25, 0,5 eta 1 segundo dira.

Beraz, etengailu mota horrek zirkuitulabur baten aurrean eta denbora-tarte jakin batean bere kontaktuak itxita mantentzeko ahalmena dauka, "A" kategoriakoek ez bezala. Dena den, garrantzitsua da kontuan hartzea haien operazio-denbora atzeratzeko, etengailutik ibiliko litzatekeen zirkuitulabur-intentsitateak iraupen laburreko intentsitate izendatuaren berdina edo txikiagoa izan beharko duela.

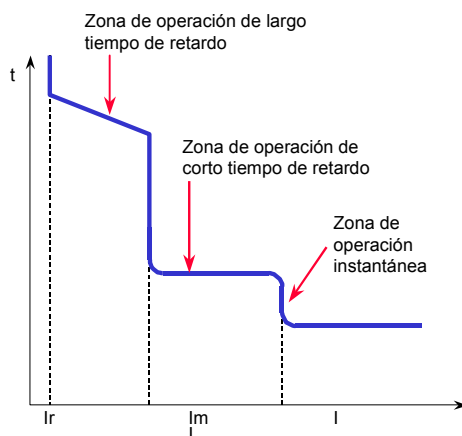
I_{CW} -ren balioak taula honetan adierazitakoa izan beharko du:

Iraupen laburreko intentsitate izendatuaren balioak (IEC 947-2 arauaren arabera)	
Intentsitate izendatua (I_N)	I_{CW}
$I_N < 2500$ A	12 aldiz I_N edo 5 kA (handiena)
$I_N > 2500$ A	30 kA

B kategoriako babesgailuaren desarra, gainkarga edo zirkuitulaburren aurrean, ez da ohiko bimetal edo haril magnetikoaren bidez egiten, sensore elektronikoen bidez baizik (gehi kontrol, mikroprozesatzaile eta eragingailu bidez).

Desarra elektronikoen ezaugarriak hiru operaziogunetan banatzen dira:

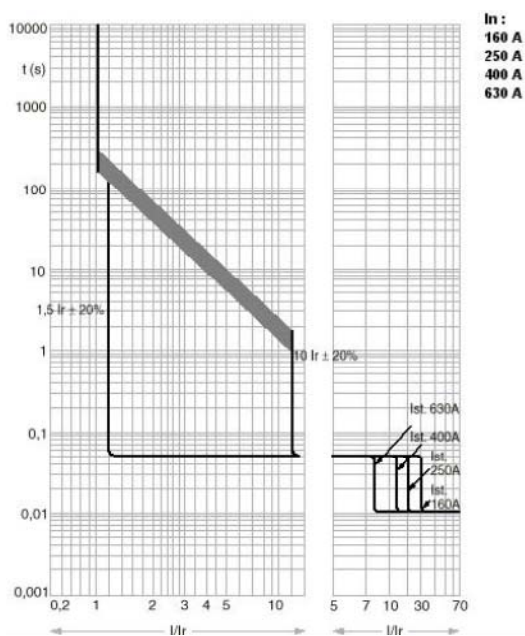
3. Atzerapen luzeko babesgunea (gainkargen aurkako babes).
4. Atzerapen laburreko babesgunea (zirkuitulaburren aurkako babes).
5. Bat-bateko babesgunea (zirkuitulabur handien aurkako babes).



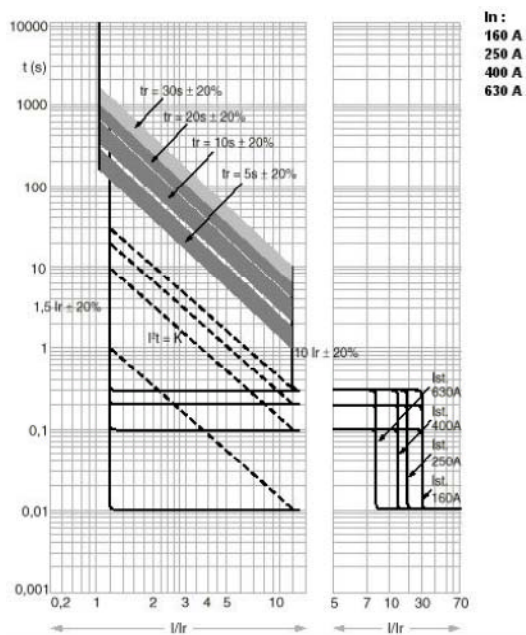
Babesgailu elektronikoen beste ezaugarri bat zati termiko zein magnetikoa bai anplitudean eta bai denboran erregulatzeko aukera eskaintzea da, modeloen arabera.

Modelo batzuek aukera ematen dute lurrerako ihes-intentsitateen arabera ere babesgailuaren desarra eragiteko; beraz, funtzio diferentziala dute.

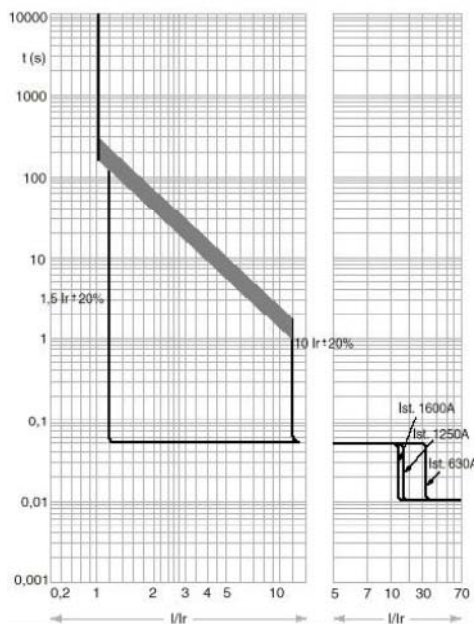
Ondorengo orrietan, Legrand markako B kategoriako DPX modelo batzuen kurbak adierazten dira:



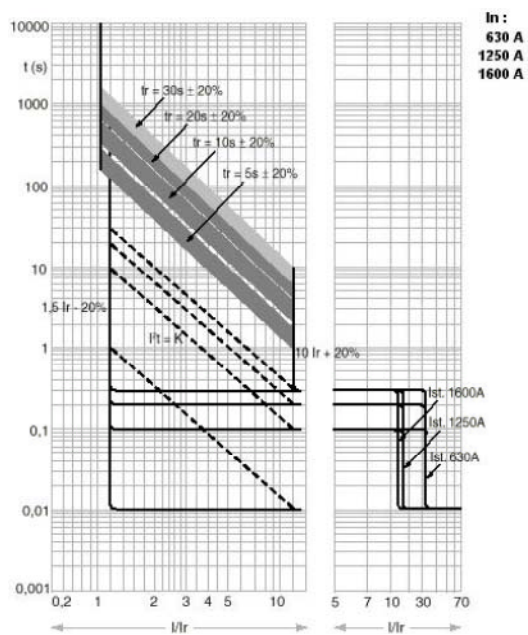
Termiko eta magnetiko anplitudean erregulagarriak. DPX 630aren kurba.



Termiko eta magnetiko anplitudean elektronikoki erregularriak. DPX H 630aren kurba.



Termiko eta magnetiko anplitudean elektronikoki erregularriak. DPX 1600aren kurba.



Termiko eta magnetiko elektronikoki guztiz erregulagarriak. DPX H 1600aren kurba.

3. BABESGAILUAREN AUKERAKETA

Instalazioaren babes-sistema aukeratzeko prozesuan, babesgailuen ezaugarriak aukeratzeak berebiziko garrantzia du; funtsean, hiru ezaugarri hauek izan beharko dira kontuan:

- Sarearen ezaugarriak.
- Kargaren ezaugarriak.
- Instalazioaren baldintzak.

Aurreko baldintzak era orokorrean aztertuz, hau adieraz daiteke:

- Sarearen ikuspuntutik, garrantzitsuena da sarea zein neutro-sistemarekin egin den jakitea, zirkuitulaburren balioak eta sarearen balio izendatuak jakiteaz batera.
- Kargaren ikuspuntutik, kargaren intentsitate izendatua eta karga mota.
- Instalazioaren ikuspuntutik, zerbitzuaren jarraitutasuna, optimizazioa eta parametro errealekin lan egitea.

3.1 SAREAREN EZAUGARRIAK

3.1.1 NEUTROAREN SISTEMA

Neutroaren sistemak etengailu automatikoen polo kopuru eta moten aukeraketan du eragina.

Neutro-sistemen artean, aukera hauek daude:

- *Babes-lurra (TT)*. Sistema honi neutroa lurrera eta masak babes-lurrera jarriak deritzo. Sistema honetarako, etengailu automatikoen kasuan, araudiak dio eroale aktiboak bakarrik kontrolatu behar direla, hots, instalazioa monofasikoa denean, babesgailuak polobakarra izan beharko du, eta, trifasikoa denean, hiru polokoa, gutxienez.
- *Neutro isolatua (IT)*. Kasu honetan, eroale aktiboak kontrolatu beharko dira, neutroa barne; beraz, instalazio monofasikoen kasurako, bi poloko babesgailuak, eta, trifasikoetarako, lau polokoak.
- *Neutroa batera jarriak (TN-C)*. Babesari dagokionez, TTa bezalakoa da.
- *Neutroa banatuta jarriak (TN-S)*. Monofasikoen kasuan, babesgailua polobakarra + N edo bi polokoa izan beharko du, eta, trifasikoen kasuan, hiru polokoa + N edo lau polokoa.

3.1.2 ZIRKUITULABUR-MAILAK

Babesgailuaren etendura-ahalmen egokia aukeratzeko, ezinbestekoa da babesgailua kokatuko den puntuko zirkuitulabur-maila jakitea. (Zirkuitulaburren kalkulua 5. gela praktikan azaldu da). Oro har, babesgailu baten etendura-ahalmenak zirkuitulabur-balio handiena baino handiagoa izan beharko du.

3.1.3 LINEA

Zirkuitulabur bat gertatzen denean, linean zehar dabiltzan intentsitateak kableak era iraunkorrean jasan ditzakeenak (intentsitate maximo onargarria) baino askoz handiagoak dira. Beraz, zirkuitulaburraren balioaren arabera, kableak zirkuitulabur hori denbora jakin batean jasan ahal izango du, eta denbora hori txikiagoa izango da zirkuitulaburraren balioa handiagoa den heinean.

Intentsitatearen balioaz gainera, kable batek zirkuitulabur bat zenbat denboraz jasan dezakeen jakiteko, isolatzaile mota (250 °C EPR edo XLPE kasurako, 160 °C PVC kasurako) kontuan izan beharko da.

Zirkuitulaburraren iraupena oso txikia dela kontuan hartuz (5 segundo baino txikiagoa) eta prozesua, horren ondorioz, adiabatikoa dela joz gero, kable batek zirkuitulabur bat jasan dezakeen denbora maximoa adierazpen honen bidez kalkula daiteke:

$$t_{MAX} = \left(\frac{S \cdot K}{I_{CC}^{MAX}} \right)^2$$

Non:

- S: eroalearen sekzioa mm²-tan.
- I_{CC}: zirkuitulaburraren intentsitatea A-tan.
- K: isolatzailearen araberako konstantea:
 - 115 Cu kableak eta PVC isolatzailea.
 - 74 Al kableak eta PVC isolatzailea.
 - 143 Cu kableak eta XLPE edo EPR isolatzailea.
 - 92 Al kableak eta XLPE edo EPR isolatzailea.

Noski, etengailu automatikoaren desarra-denborak beti izan beharko du kableak zirkuitulaburra jasan dezakeen denbora baino txikiagoa.

3.1.4 ELIKADURAREN BALIO IZENDATUAK

Babesgailuak tentsio eta frekuentzia izendatu batzuetarako diseinatuak daude, jarraitzen dituzten arauen arabera.

Babesgailua bere diseinu-tentsio eta -frekuentzietatik kanpo instalatzen bada, haren parametroak aldatu egingo dira, eta ez du lan egingo bere balio izendatuen arabera.

Fabrikatzaileek parametroen aldaketak adierazten dituzten taula edo grafikoak eman behar dituzte baldintza bakoitzaren arabera.

3.2 KARGAREN EZAUGARRIAK

Kargaren ezaugarriek elikatzailearen sekzioa eta zirkuituaren babesgailuaren balio izendatua definitzen dituzte. Horrez gain, beharrezkoa da babestu beharreko karga mota ezagutzea, babesgailu egokia aukeratzeko.

Babesgailu magnetotermikoaren dimentsionatzea araudiei jarraituz egingo da, eta haren kalkulua babestu beharreko elementuak finkatuko du. Etengailu automatikoak, izatez,

instalazioen elikadura-lineak babesteko elementuak dira; beraz, haien ezaugarri izendatuak babestu beharreko eroaleek baldintzatuko dituzte.

Oro har, zirkuitu batean erabili beharko den babesgailuaren ezaugarri izendatua adierazpen honi jarraituz egingo da:

$$I_N > I_B$$

Non:

- I_N : Babesgailuaren intentsitate izendatua (A).
- I_B : Kargaren intentsitate izendatua (A).

Hauek dira I_N -ren balio normalizatuak:

- IAK (Kutxa Moldekatuak): 40, 63, 80, 100, 125, 160, 250 A.
- PIAk (Modularrak): 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63 A.

Babesgailuaren aukeraketa on bat bermatzeko, kontuan hartu behar da, etengailu automatiko modularren kasuan, B, C eta D kurben arabera funtzionatuko dutela:

- B kurba: karga nagusiki erresistiboetarako; adibidez, goritasun-lanpara bidezko argiztapen-zirkuituak.
- C kurba: karga erresistiboak eta argiztapen fluoreszenteak (induktibo zuzenduak) eta, askotan, lineak babesteko.
- D kurba: karga nagusiki induktiboak, abio-intentsitate handikoak; adibidez, makina-erremintak eta motorrak.

Karga kapazitiboen kasurako, IEC 70 arauak dio kondentsadore-bateria batek % 30eko gainkarga konstante bat pairatzeko gai izan behar duela, intentsitate harmonikoak direla eta; horren ondorioz, elikadura-zirkuituak, babesgailuak eta maniobra-tresneria gaindimentsionatu egin beharko dira. Harmonikoez gainera, normalean % 10eko perdoia erabiltzen da; horregatik, etengailu automatikoaren intentsitate izendatuak, gutxienez, bateriarena baino 1,3 aldiz handiagoa izan beharko du, eta D kurba erabili.

3.3 INSTALAZIO-BALDINTZAK

Instalazio-baldintzen artean, etengailu automatikoak hauek bete beharko ditu:

- Zerbitzuaren jarraitutasuna bermatu.
- Babesgailuen filiazioa edo laguntza (back up) baimendu.
- Babesgailua parametroen aldaketen aurrean bermatu.

3.3.1 ZERBITZUAREN JARRAITUTASUNA (SELEKTIBOTASUNA – KOORDINAZIOA)

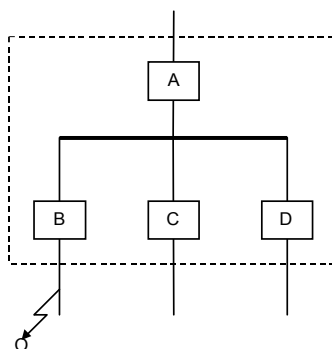
Gainintentsitateen aurkako babesgailuek azkar atera behar dute saretik zirkuitulabur batek sor ditzakeen efektuak.

Selektibotasunak adierazten du falta baten aurrean babesgailuak desarra-sekuentzia egokia duela, behetik gorantz.

Koordinazioaren azterketak selektibotasuna nola bermatuko den adieraztea du helburu. Beraz, babesgailuen kurbek ez dute tangenteak izan beharko, ezta elkar ukitu edo gurutzatu ere.

Babesgailuen konexioak egiteko modu ugari daude, eta instalazio konkretu bakoitzean erabilitako modu horiek kontuan izan beharko dira koordinazioaren azterketa egitean.

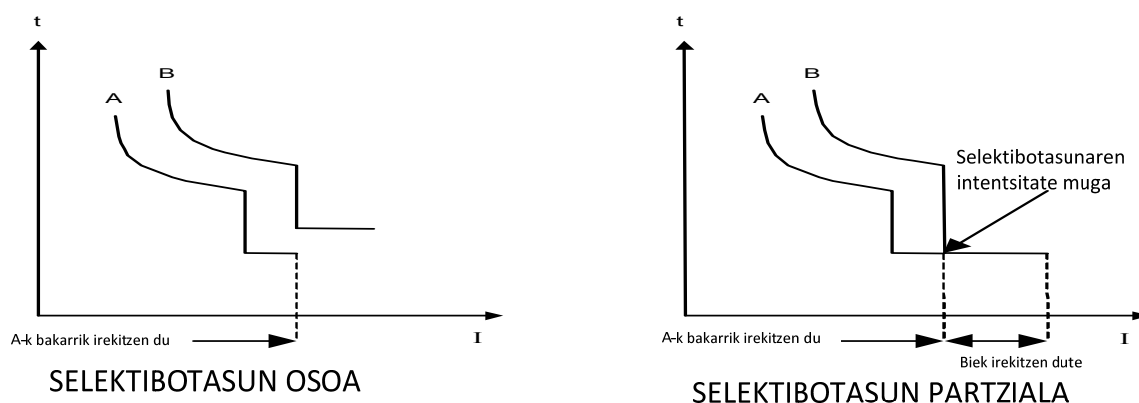
(B) babesgailu bat (A) babesgailuarekiko selektiboa dela esaten da (B)-ren azpitik falta bat gertatzen denean (B) babesgailuaren desarra gertatzen denean eta ez (A)-rena. Era berean, (A) eta (B) koordinatuak daudela esango da (B)-k bere denboran desarra ez badu egiten (A)-ren desarra gertatzen bada.



Selektibotasunaren kontzeptu honek, faltatik hurbilen dagoen babesgailuaren desarra lehena izateak, falta gunerik txikienera mugatzen du; beraz, faltak instalazio osoan sortuko dituen perturbazioak minimoak izango dira, eta, hala, zerbitzuaren jarraitutasuna lortuko da.

Bi etengailu automatikoren denbora/intentsitate kurbak hartuta, berehala ikusten da bien artean selektibotasun amperimetricoa dagoenez.

Selektibotasunaren barnean, bi mota daude, guztizkoa eta partziala.



- Lehen kasurako, A-ren selektibotasuna haren etendura-ahalmenaren azpitik dauden zirkuitulabur-intentsitate guztientzat gertatzen da.
- Bigarren kasurako, selektibotasuna bi kurben arteko ebakidura-puntuko intentsitateraino gertatuko da. Balio horretatik aurrera, ez da selektibotasunik egongo.

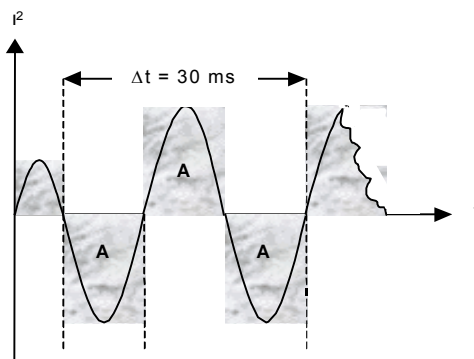
Babesgailu-konbinaketa bakoitzaren selektibotasun-mugak fabrikatzaileek bakarrik eman ditzakete.

Badago selektibotasuna finkatzeko beste modu bat, erreakzio-denboraren azterketan oinarritua. Selektibotasun mota horri zirkuitulabur selektibotasun kronometriko deritzo.

Mekanismo oso sinpleekin etengailu automatikoen desarraren atzerapena lor daiteke, haien selektibotasuna errazteko helburuarekin.

Selektibotasuna lortzeko zailtasuna ez da arazo mekanikoa, termikoa baizik. Δt nahita gehituriko atzerapen-denborari deituz, atzerapen horren ondorioz etengailu automatikotik pasatuko den energia espezifikoa gutxienez $I_{CC}^2 \cdot t$ handituko da.

Adibidez, $\Delta t = 30 \text{ ms}$ eta $I_{CC} = 15 \text{ kA}$ kasurako, $6.750.000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$ -ko energia-handitzea gertatuko da, eta hori $\Delta t = 0$ kasuko $2.000.000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$ -ri gehitu beharko zaio.



Energia espezifikokoaren balio handi horiek pairatzeko, etengailu oso trinko eta handiak behar dira, eta gutxienez 25 mm^2 -ko sekzioko eroaleak. Beraz, nahita sarturiko atzerapen-denbora hori potentzia handiko etengailuetan bakarrik izango da aplikagarria (kutxa moldekatukoak eta B kategoria).

3.3.2 BABESGAILUEN FILIAZIOA

IEC 898 arauak aukera ematen du etendura-ahalmena gainditzen duten zirkuitulaburretan babesgailu horiek erabiltzeko, haien gainetik etendura-ahalmen egokiko babesgailu bat jartzen denean. Aukera horri, filiazio, Back-Up edo laguntza-babesgailu deritzo.

Kasu honetan, bien arteko ezaugarriak koordinatuak egon beharko dira, gaineko babesgailuak pasatzen uzten duen $I^2 \cdot t$ -ak beheko babesgailuari eta babestu nahi diren elementuei kalteez egiteko.

Filiazioaren egiaztatze teorikoa denbora/intentsitate kurbak konparatuz egin daiteke, edo babesgailuen muga-ezaugarriak begiraturaz.

Babesgailuen elkarketa egokia egiteko, beharrezkoa da fabrikatzaileek emandako filiazio-taulei begiratzea. Taula horiek etengailu automatikoen arteko filiaziorako edo fusibleen eta etengailu automatikoen arteko filiaziorako ematen dira. Azken aukera da erabiliena, fusibleen etendura-ahalmen handiarengatik.

3.3.3 BABESGAILUAREN PARAMETROEN ALDAKETA

Babesgailuaren ezaugarriak aukeratzeko prozesuan, kontuan hartu beharrekoa izango da funtzionamendu-baldintza izendatuen parametroen aldaketek nola eragiten dioten babesgailuaren desarrari.

Horren analisia garrantzitsua izango da hartu beharreko neurriak definitzeko, instalazioa funtzionamendu-baldintza izendatuetatik kanpo geratzen den kasuetarako.

3.3.3.1. ALDAKETA TENPERATURAREN FUNTZIOAN

Etengailu automatiko normalizatu bat bere intentsitate izendatuarekin erreferentziako giro-tenperatura batean lan egiteko erregulatua dago:

- IEC 898: 30 °C (modularrak).
- IEC 947-2: 40 °C (kutxa moldekatua).

Temperatura arauetan adierazitako balioetatik irteten denean (gainetik), komenigarria izango da erabilera-intentsitatea murriztea ezorduko deskonexioak ekiditeko.

Fabrikatzaileek erabili beharreko koefiziente-taulak eman beharko dituzte, giro-tenperaturaren balio ezberdinetarako.

3.3.3.2. ALDAKETA ELKARREN ONDOAN JARRITAKO APARATU KOPURUAREN FUNTZIOAN

Elkarren ondoan jarritako etengailu automatikoetan, beroketa bat gertatzen da, eta horrek aurreko puntuan azalduko efektua sortzen du.

Kasu honetan ere, fabrikatzaileak koefiziente-taula eman beharko du. Dena den, IEC 439-1 arauak koefiziente hauek gomendatzen ditu:

Etengailuen minoratze (desclasificación) koefizienteak (IEC 439-1)	
Kopurua	Koefizientea
1-3	1,0
4-6	0,8
7-9	0,7
10+	0,6

Koefiziente horien erabilera mugatzeko, beharrezkoa izango da etengailuak banatzea, aireztapen egokia bermatzeko. Horretarako, banatzaile deituriko elementuak erabiltzen dira.

3.3.3.3. ALDAKETA ERABILERA-FREKUENTZIAREN FUNTZIOAN

Etengailu automatikoak 50 edo 60 Hz-eko frekuentzian lan egiteko diseinatu dira.

Instalazio berezi batzuetan (adibidez, meatzaritzan), elikadura sarearen frekuentzia 400 Hz izaten da. Frekuentzia horretan, etengailu automatikoen desarra-ezaugarriak aldatu egiten dira:

- Gaiak: 50 Hz-eko kasuan baino intentsitate txikiagoekin gertatzen da desarra. Ondorioz, fabrikatzaileak emandako minoratze-koefizienteak aplikatu beharko dira.
- Zirkuitulaburra: 50 Hz-eko kasuan baino intentsitate handiagoekin gertatzen da desarra. Ondorioz, fabrikatzaileak emandako handitze-koefizienteak aplikatu beharko dira (modularren kasuan % 30-45 bitartean handitzen da).

Korronte zuzeneko zirkuituen kasuan:

- Gaiak: intentsitateak bimetal guztiak zeharkatu behar ditu; beraz, kasu horretan ez dago arazorik.
- Zirkuitulaburra: polo guztietan batera egin behar da desarra, lurreko edo masako poloa salbu. Alde horretatik ere, ez dago arazorik.

Oro har, korronte alternoan lan egiteko diseinaturiko babesgailu batek ez du arazorik izango korronte zuzenarekin lan egiteko. Kontuan hartu behar da, korronte zuzenaren kasuan, tentsio izendatua txikiagoa izango dela. Adibidez, 220V/50Hz-ean lan egiteko diseinaturiko babesgailu batek, korronte zuzenean lan egitean, 140 V-eko tentsioan lan egin ahalko du, hots, % 36 gutxiago.

3.3.3.4. ALDAKETA ITSAS MAILAREKIKO ALTUERAREN FUNTZIOAN

Etengailu automatikoek, arauen arabera, 2000 m-ko altueraraino lan egin behar dutebereen parametro izendatuekin.

Fabrikatzaileek instalazioaren altueraren arabera parametro izendatuetan gertatzen diren aldaketen taulak eman behar dituzte.

Orokorrean, babesgailu batek altuerarekin izaten duen eragozpen garrantzitsuena zurruntasun dielektrikoaren murrizketa da; horren ondorioz, etendura-ahalmena nabarmen gutxitzen da.

4. ETENGAILU AUTOMATIKOAK AUKERATZEKO BALDINTZEN LABURPENA

Hauek dira etengailu automatikoak aukeratzeko baldintzak.

4.1 KALIBREA – KARGA-INTENTSITATE IZENDATUA (I_N)

Funtzionamendu normalean, hau bete behar da:

$$I_N > I_B$$

Non:

- I_N : Babesgailuaren intentsitate izendatua (A).
- I_B : Kargaren intentsitate izendatua (A).

Hauek dira I_N -ren balio normalizatuak:

- IAK (Kutxa Moldekatuak): 40, 63, 80, 100, 125, 160, 250 A.
- PIAk (Modularrak): 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63 A.

Horrela, kargak behar duen intentsitatea xurgatu ahalko duela bermatzen da babesgailuaren desarra gertatu gabe.

4.2 DESARRA-INTENTSITATE KONBENTZIONALA (I_2) - KALIBREA

Babesgailuak bermatu behar du kablearen intentsitate maximo onargarria baino 1,45 aldiz handiagoa den intentsitaterik ez dela mantenduko. Horretarako, desarra-intentsitate konbentzionalak (aurretik finkaturiko denbora batean desarra bermatzen duen intentsitatea) babesten ari den kablearen intentsitate maximo onargarria bider 1,45 balioa baino txikiagoa izan beharko du.

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

Era berean, desarra-intentsitate konbentzionala PIA kasuan 1,45 aldiz izendatua denez:

$$I_2 = 1.45 \cdot I_N$$

Bi baldintzak elkartuz:

$$I_N \leq I_Z$$

Hots, etengailu automatikoaren kalibreak babesturiko eroalearen intentsitate maximo onargarria baino txikiagoa izan behar du. Hala, kablea ez dela gehiegi berotuko bermatzen da.

4.3 ETENDURA-AHALMENA (PdC)

Etengailu automatiko baten etendura-ahalmenak kokatua dagoen puntuan kalkulatu den zirkuitulaburraren balio maximoa baino handiagoa izan behar du:

$$PdC > I_{CC}^{MAXIMO}$$

Hala, kasurik kaltegarrienean ere babesgailuak zirkuitulaburra irekiko duela bermatzen da.

4.4 BAT-BATEKO ELEMENTUAREN DESARRA (I_{MAG})

Babesgailuaren bat-bateko elementuaren desarra-intentsitateak babesgailuaren kokalekuan kalkulatoriko zirkuitulabur minimoa baino handiagoa izan behar du:

$$B \rightarrow I_{MAG} = 3 \div 5 \cdot I_N \leq I_{CC}^{MIN}$$

$$C \rightarrow I_{MAG} = 5 \div 10 \cdot I_N \leq I_{CC}^{MIN}$$

$$D \rightarrow I_{MAG} = 10 \div 20 \cdot I_N \leq I_{CC}^{MIN}$$

4.5 DESARRA-DENBORA MAXIMOA (t_{\max})

Babesgailuaren desarra-denbora maximoa adierazpen honek ematen du:

$$t_{MAX} = \left(\frac{S \cdot K}{I_{CC}^{MAX}} \right)^2$$

Non:

- S: eroalearen sekzioa mm²-tan.
- I_{CC}: zirkuitulaburraren intentsitatea A-tan.
- K: isolatzailearen araberako konstantea:
 - 115 Cu kableak eta PVC isolatzailea.
 - 74 Al kableak eta PVC isolatzailea.
 - 143 Cu kableak eta XLPE edo EPR isolatzailea.
 - 92 Al kableak eta XLPE edo EPR isolatzailea.

Edo, fabrikatzaileek ematen duten datua erabilita:

$$(I_{CC}^{MAX})^2 \cdot t_{MAX} = A^2 \cdot s \leq (S \cdot K)^2$$

Modu horretan, zirkuitulabur bat gertatzen denean, kablearen beroketak ez du inoiz maximo onargarria gaindituko.

5. LEHEN ADIBIDEA

Kasu gehienetan, barne-zirkuituen kasuan, ez dira PIAk kalkulatzeko, zuzenean aukeratzen dira babesten duten eroalearen sekzioaren arabera, taula honi jarraituz:

PIAren aukeraketa barne-zirkuituetan	
Sekzioa s (mm ²)	Kalibrea I_N (A)
1,5	10
2,5	15
4	20
6	25

Eskatzen da:

- Frogatu balio horiek egokienak direla.

Ebazpena:

Esaten ez den arren, kasu honetan kobrezko kablea dela jotzen da, PVCz isolatua, eta instalazio mota kaltegarriena. Barne-zirkuituen intentsitate onargarriak ematen dituen taulara joz, hauek dira kasu horren (A zutabea) balioak:

Sekzioa s (mm ²)	Intentsitatea I_z (A)
1,5	11
2,5	15
4	20
6	25

Etengailu automatikoek bete behar duten laugarren baldintzatik ($I_N \leq I_z$), kalibre egokienak enuntziatuko taulakoak dira, edozein kalibre handiagok baldintza ez lukeelako beteko.

6. BIGARREN ADIBIDEA

Aluminiozko lau poloko kable sorta batek almelec neutro fidatzailea du, eta XLPEzko isolatzaileduna. Kable sortak 100 A garraiatu behar ditu, airean instalatua eta 45 °C-ko giro tenperaturan. Kalkulatu:

- Behar den sekzioa eta intentsitate maximo onargarria.
- Kableak jasan ditzakeen $A^2 \cdot s$ -ak.
- Gainkargen aurka babesteko etengailu automatikoaren kalibrea.

Ebazpena:

- Lehen gela praktika jarraituz:

$$S=3 \times 50 \text{ Al} / 54,6 \text{ Alm} \Rightarrow I_Z=142,5 \text{ A}$$

- Adierazpen honetatik:

$$(I_{CC}^{MAX})^2 \cdot t_{MAX} = A^2 \cdot \text{seg} \leq (S \cdot K)^2$$

Kasu honetan:

$$S = 50; K = 92$$

Beraz:

$$(I_{CC}^{MAX})^2 \cdot t_{MAX} = 2,116 \cdot 10^7 \text{ A}^2 \cdot \text{seg}$$

- Kalibrea aukeratzeko, hau izan beharko da kontuan:

$$I_N \leq I_Z \rightarrow I_N \leq 142,5 \text{ A}$$

$$I_N \geq I_B \rightarrow I_B \geq 100 \text{ A}$$

Bi baldintzak bete behar direnez, $I_N = 125 \text{ A}$. Beraz, praktikan, 130 A-ko kargak segurtasun osoz elikatzeke aukera egongo da.

7. HIRUGARREN ADIBIDEA

150 m-ko linea bat kobrezko lau poloko kable batez osatua dago. Ezaugarriak: 3x50+1x25, XLPEzko isolatzailea, 0,6/1kV, hodi barnean zuzenean horma isolatzailean sartua. 40 kW-eko karga elikatzen du 400 V-ean eta 0,9ko potentzia-faktorearekin. Elikadura-iturriaren inpedantzia guztiz induktiboa eta 0,024 Ω -ekoa dela jokoa da. Kablearen erresistentzia 0,502 Ω /km da, eta erreaktantzia 0,078 Ω /km. Kalkulatu:

- Zirkuitulabur-intentsitatea linearen jatorrian.
- Zirkuitulabur-intentsitatea linearen bukaeran.
- Eroalearen intentsitate maximo onargarria.
- Lineatik doan intentsitatea.
- Kableak jasan ditzakeen $A^2 \cdot s$ -ak.
- Etengailu automatikoaren ezaugarriak.

Ebazpena:

- Zirkuitulabur-intentsitatea linearen jatorrian:*

$$I_{CC} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,024} = 9,623 \cdot 10^3 \text{ A}$$

- Zirkuitulabur-intentsitatea linearen bukaeran:*

$$R_T = 0 + 0,502 \cdot 0,150 = 0,075 \Omega$$

$$X_T = 0,024 + 0,078 \cdot 0,150 = 0,036 \Omega$$

$$I_{CC_2} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot |R_T + j \cdot X_T|} = 2,771 \cdot 10^3 \text{ A}$$

- Eroalearen intentsitate maximo onargarria:*

$$I_Z = 117$$

- Lineatik doan intentsitatea:*

$$I_B = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 64,15 \text{ A}$$

5. Kableak jasan ditzakeen $A^2 \cdot s$ -ak:

$$I^2 \cdot t_{MAX}(K, s) = s^2 \cdot K^2 \cdot seg = 5,112 \cdot 10^7 \text{ A}^2 \cdot s$$

6. Etengailu automatikoaren ezaugarriak:

- Kalibrea:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 64,15 \text{ A} \leq I_N \leq 117 \text{ A}$$

Kalibre normalizatuak: 40, 63, 80, 100, 125, 160, 250 A $\rightarrow I_N = 100 \text{ A}$

- Etendura-ahalmena:

$$PdC \geq I_{CC}^{MAX} \rightarrow PdC \geq 9623 \text{ A} \rightarrow 10 \text{ kA-ko etendura-ahalmena.}$$

- Bat-bateko elementuaren desarra:

$$I_{MAG} \leq I_{CC}^{MIN} \rightarrow I_{MAG} \leq 2.771 \text{ A} = 27 \cdot I_N$$

- Atzerapen-denbora maximoa:

$$t_{MAX} = \left(\frac{S \cdot K}{I_{CC}^{MAX}} \right)^2 \rightarrow t_{MAX} = \left(\frac{S \cdot K}{I_{CC}^{MAX}} \right)^2 = \frac{5112 \cdot 10^4}{9126^2} = 0,55 \cdot s$$

8. ARIKETA PROPOSATUAK

1. Lau poloko kobrezko kable bat —XLPEzko isolatzailea, 0,6/1 kV, 16 mm², hiru faseko instalazioa airean— 30 kW elikatzeko erabiltzen da 400 V eta 0,86ko potentzia-faktorearekin. Kalkulatu:
 - a. Kabletik doan intentsitatea.
 - b. Etengailu automatikoaren kalibrea.

2. 125 A-ko intentsitate izendatuko etengailu automatiko bat, gainkargen aurka 94 eta 125 A bitartean erregulagarria den errele termikoa duena, 1000 V-eko linea baten gainkargen aurkako babesa egiteko erabiltzen da. Linearen ezaugarriak: lau poloko kablea, PVCzko isolatzailea duena, hodi barnean lurperatua. Eroalearen sekzioa 35 mm² da. Kargak 55 kW-eko kontsumoa du 400 V-ean eta 0,9ko potentzia-faktorearekin. Kalkulatu:
 - a. Kabletik joan daitekeen intentsitatea.
 - b. 50 m-ko luzeran gertatzen den tentsio-erorketa.
 - c. Lineatik doan intentsitatea.
 - d. Termikoaren doiketa.

3. Kalkulatu 20 kV-eko ETko elikadura batean gertatzen den puntako zirkuitulabur-intentsitatea, zirkuitulabur-potentzia 400 MVA dela jakinik.

4. Industria-lantegi baten instalazioa 230V/400V-eko transformaziorik gabeko batetik elikatzen da. Transformadoreak $R=0,005 \Omega$ eta $X=0,015 \Omega$ -eko balioak ditu. Transformadorearen sekundariotik BTko kuadrora doan lineak 120 mm²-ko sekzioa eta 40 m-ko luzera du, aluminiozko eroale polobakarrekin; XLPEzko isolatzailea, 0,6/1 kV, $R=0,324 \Omega/\text{km}$ eta $X=0,109 \Omega/\text{km}$. Kalkulatu:
 - a. I_{CC} transformadorearen irteeran.
 - b. I_{CC} elikadura-linearen bukaeran.
 - c. Etengailu automatikoaren ezaugarriak, kontsumoa 80 kW bada 0,9ko potentzia-faktorearekin.
 - d. Kobrezko lau eroalez osaturiko linea babesteko etengailu automatikoaren ezaugarriak: BTko koadrotik, 6 kW-eko karga 0,86ko potentzia-faktorearekin. Kobrezkoa, 10 mm², PVC, 750 V eta hodi barnetik.

5. Kobrezko lau eroale polobakarrez osaturiko BTko linea bat: 10 mm^2 , PVC, 750 V, horma gaineko hodi barnetik. Kalkulatu:
- Eroaleen intentsitate maximo onargarria.
 - Etengailu automatikoaren kalibrea, kontsumoa 400 V, 50 Hz, 10 kW eta 0,86ko potentzia-faktorearekin egiten bada.
6. Linea bat ginkargen aurka babesteko (linearen ezaugarriak: aluminiozko lau eroalez osatua, $3 \times 70 + 1 \times 35$, XLPEzko isolatzailea, 0,6/1 kV, hodi barnean lurperatua), 160 A-ko intentsitate izendatua duen etengailu automatiko bat erabiltzen da, eta ginkargen aurkako errelea $0,7 \cdot I_N$ eta $1,0 \cdot I_N$ bitartean erregulagarria da. Instalazioak 60 kW-eko kontsumoa du 400 V-ean eta 50 Hz-ean. Kalkulatu:
- Eroalearen intentsitate maximo onargarria.
 - Lineatik doan intentsitatea.
 - Errele termikoaren erregulazioa.
7. Transformaziorik gabeko baten transformadoreak 20/0,4 kV transformazio-erlazioa, $R = 0,003 \Omega$ eta $X = 0,007 \Omega$ ditu. BTko banaketa-barretatik irteten den linea baten $R = 0,019 \Omega$ eta $X = 0,004 \Omega$ izanik, kalkulatu:
- Transformadorearen irteerako zirkuitulabur-intentsitatea.
 - Linearen bukaerako zirkuitulabur-intentsitatea.
8. Hodi barnetik doan linea bat, kobrezko $3 \times 25 + 1 \times 16$ ko lau eroale polobakarrek osatzen dute, XLPEz isolatuta dago, eta 0,6/1 kV. Lineak 400 V eta 50 Hz-ean 24 kW-eko eta 0,8ko potentzia-faktorea duen karga bat elikatzen du. Linearen elikaduraren $R = 0,04 \Omega$ eta $X = 0,02 \Omega$ izanik. Linearen $R = 0,051 \Omega$ da, eta X baztergarria da. Kalkulatu:
- Zirkuitulabur-intentsitatea linearen jatorrian.
 - Zirkuitulabur-intentsitatea linearen bukaeran.
 - Eroalearen intentsitate maximo onargarria.
 - Lineatik doan intentsitatea.
 - Linea babesteko etengailu automatikoaren ezaugarriak.