

Capítulo C

Conexión a la red de distribución pública de BT

C1

Índice

1	Redes de distribución pública de BT	C2
	1.1 Consumidores de BT	C2
	1.2 Redes de distribución de BT	C10
	1.3 La conexión entre el servicio y el consumidor	C11
	1.4 Calidad de la tensión de suministro	C15
2	Tarifas y medición	C17

1 Redes de distribución pública de BT

C2

Los suministros más comunes de BT se encuentran en el rango de sistemas de 4 hilos de 120 V monofásicos y de 240/415 V trifásicos.

En BT se pueden suministrar cargas de hasta 250 kVA, pero las empresas suministradoras de electricidad en general proponen un servicio de MT para niveles de carga para los que sus redes BT no son del todo adecuadas. IEC 60038 recomienda que el estándar de tensión internacional para sistemas de BT tensión de 4 hilos trifásicos sea 230/400 V.

1.1 Consumidores de BT

En Europa el período de transición de la tolerancia de tensión a “230 V/400 V+10%/–10%” se ha ampliado hasta 2008.

Por definición, los consumidores de baja tensión son aquellos cuyas cargas se pueden suministrar satisfactoriamente desde el sistema de baja tensión de su localidad.

La tensión de la red local de BT puede ser 120/208 V o 240/415 V, es decir, los extremos inferiores o superiores de los niveles trifásicos más comunes de uso general, o en un nivel intermedio, tal y como se muestra en la **Figura C1**.

La IEC 60038 recomienda que el estándar de tensión internacional para sistemas de BT trifásicos de cuatro conductores sea 230/400 V.

En BT se pueden suministrar cargas de hasta 250 kVA, pero las organizaciones de suministro eléctrico por lo general proponen un servicio en MT en niveles de carga para los que sean adecuadas marginalmente sus redes de BT en AT.

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
Afganistán	50	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)	380/220 (a)
Alemania	50 ± 0,3	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	20.000 10.000 6.000 690/400 400/230
Angola	50	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)	380/220 (a)
Antigua y Barbuda	60	240 (k) 120 (k)	400/230 (a) 120/208 (a)	400/230 (a) 120/208 (a)
Arabia Saudí	60	220/127 (a)	220/127 (a) 380/220 (a)	11.000 7.200 380/220 (a)
Argelia	50 ± 1,5	220/127 (e) 220 (k)	380/220 (a) 220/127 (a)	10.000 5.500 6.600 380/220 (a)
Argentina	50 ± 2	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	
Armenia	50 ± 5	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Australia	50 ± 0,1	415/240 (a) 240 (k)	415/240 (a) 440/250 (a) 440 (m)	22.000 11.000 6.600 415/240 440/250
Austria	50 ± 0,1	230 (k)	380/230 (a) (b) 230 (k)	5.000 380/220 (a)
Azerbaiyán	50 ± 0,1	208/120 (a) 240/120 (k)	208/120 (a) 240/120 (k)	
Bahrein	50 ± 0,1	415/240 (a) 240 (k)	415/240 (a) 240 (k)	11.000 415/240 (a) 240 (k)
Bangladesh	50 ± 2	410/220 (a) 220 (k)	410/220 (a)	11.000 410/220 (a)
Barbados	50 ± 6	230/115 (j) 115 (k)	230/115 (j) 200/115 (a) 220/115 (a)	230/400 (g) 230/155 (j)
Bélgica	50 ± 5	230 (k) 230 (a) 3N, 400	230 (k) 230 (a) 3N, 400	6.600 10.000 11.000 15.000
Bielorrusia	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Bolivia	50 ± 0,5	230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a)
Botsuana	50 ± 3	220 (k)	380/220 (a)	380/220 (a)

Fig. C1: Tensión de la red local de BT y diagramas de sus circuitos asociados (continúa en la página siguiente).

1 Redes de distribución pública de BT

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
Brasil	60	220 (k) 127 (k)	220/380 (a) 127/220 (a)	13.800 11.200 220/380 (a) 127/220 (a)
Brunei	50 ± 2	230	230	11.000 68.000
Bulgaria	50 ± 0,1	220	220/240	1.000 690 380
Cabo Verde		220	220	380/400
Camboya	50 ± 1	220 (k)	220/300	220/380
Camerún	50 ± 1	220/260 (k)	220/260 (k)	220/380 (a)
Canadá	60 ± 0,02	120/240 (j)	347/600 (a) 480 (f) 240 (f) 120/240 (j) 120/208 (a)	7.200/12.500 347/600 (a) 120/208 600 (f) 480 (f) 240 (f)
Chad	50 ± 1	220 (k)	220 (k)	380/220 (a)
Chile	50 ± 1	220 (k)	380/220 (a)	380/220 (a)
China	50 ± 0,5	220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)
Chipre	50 ± 0,1	240 (k)	415/240	11.000 415/240
Colombia	60 ± 1	120/240 (g) 120 (k)	120/240 (g) 120 (k)	13.200 120/240 (g)
Congo	50	220 (k)	240/120 (j) 120 (k)	380/220 (a)
Corea (Norte)	60 +0, -5	220 (k)	220/380 (a)	13.600 6.800
Corea (Sur)	60	100 (k)	100/200 (j)	
Croacia	50	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a)
Dinamarca	50 ± 1	400/230 (a)	400/230 (a)	400/230 (a)
Dominica	50	230 (k)	400/230 (a)	400/230 (a)
Egipto	50 ± 0,5	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	66.000 33.000 20.000 11.000 6.600 380/220 (a)
Emiratos Árabes Unidos	50 ± 1	220 (k)	415/240 (a) 380/220 (a) 220 (k)	6.600 415/210 (a) 380/220 (a)
Eslovaquia	50 ± 0,5	230	230	230/400
Eslovenia	50 ± 0,1	220 (k)	380/220 (a)	10.000 6.600 380/220 (a)
España	50 ± 1	400/230 (a) (e) 230 (k) 220/127 (a) 127 (k)	400/230 (a) 220/127 (a) (e)	25.000 15.000 11.000 400/230 (a)
Estados Unidos Charlotte (Carolina del Norte)	60 ± 0,06	120/240 (j) 120/208 (a)	265/460 (a) 120/240 (j) 120/208 (a)	14.400 7.200 2.400 575 (f) 460 (f) 240 (f) 265/460 (a) 120/240 (j) 120/208 (a)
Estados Unidos Detroit (Michigan)	60 ± 0,2	120/240 (j) 120/208 (a)	480 (f) 120/240 (h) 120/208 (a)	13.200 4.800 4.160 480 (f) 120/240 (h) 120/208 (a)

Fig. C1: Tensión de la red local de BT y diagramas de sus circuitos asociados (continúa en la página siguiente).

1 Redes de distribución pública de BT

C4

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
Estados Unidos Los Angeles (California)	60 ± 0,2	120/240 (j)	4.800 120/240 (g)	4.800 120/240 (g)
Estados Unidos Miami (Florida)	60 ± 0,3	120/240 (j) 120/208 (a)	120/240 (j) 120/240 (h) 120/208 (a)	13.200 2.400 480/277 (a) 120/240 (h)
Estados Unidos Nueva York (Nueva York)	60	120/240 (j) 120/208 (a)	120/240 (j) 120/208 (a) 240 (f)	12.470 4.160 277/480 (a) 480 (f)
Estados Unidos Pittsburg (Pennsylvania)	60 ± 0,03	120/240 (j)	265/460 (a) 120/240 (j) 120/208 (a) 460 (f) 230 (f)	13.200 11.500 2.400 265/460 (a) 120/208 (a) 460 (f) 230 (f)
Estados Unidos Portland (Oregón)	60	120/240 (j)	227/480 (a) 120/240 (j) 120/208 (a) 480 (f) 240 (f)	19.900 12.000 7.200 2.400 277/480 (a) 120/208 (a) 480 (f) 240 (f)
Estados Unidos San Francisco (California)	60 ± 0,08	120/240 (j)	277/480 (a) 120/240 (j)	20.800 12.000 4.160 277/480 (a) 120/240 (g)
Estados Unidos Toledo (Ohio)	60 ± 0,08	120/240 (j) 120/208 (a)	277/480 (c) 120/240(h) 120/208 (j)	12.470 7.200 4.800 4.160 480 (f) 277/480 (a) 120/208 (a)
Estonia	50 ± 1	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Etiopía	50 ± 2,5	220 (k)	380/231 (a)	15.000 380/231 (a)
Filipinas (República de)	60 ± 0,16	110/220 (j)	13.800 4.160 2.400 110/220 (h)	13.800 4.160 2.400 440 (b) 110/220 (h)
Finlandia	50 ± 0,1	230 (k)	400/230 (a)	690/400 (a) 400/230 (a)
Francia	50 ± 1	400/230 (a) 230 (a)	400/230 690/400 590/100	20.000 10.000 230/400
Gambia	50	220 (k)	220/380	380
Georgia	50 ± 0,5	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Ghana	50 ± 5	220/240	220/240	415/240 (a)
Gibraltar	50 ± 1	415/240 (a)	415/240 (a)	415/240 (a)
Granada	50	230 (k)	400/230 (a)	400/230 (a)
Grecia	50	220 (k) 230	6.000 380/220 (a)	22.000 20.000 15.000 6.600
Hong Kong	50 ± 2	220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	11.000 386/220 (a)
Hungría	50 ± 5	220	220	220/380
India	50 ± 1,5	440/250 (a) 230 (k)	440/250 (a) 230 (k)	11.000 400/230 (a) 440/250 (a)
Indonesia	50 ± 2	220 (k)	380/220 (a)	150.000 20.000 380/220 (a)

Fig. C1: Tensión de la red local BT y diagramas de sus circuitos asociados (continúa en la página siguiente).

1 Redes de distribución pública de BT

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
Irán	50 ± 5	220 (k)	380/220 (a)	20.000 11.000 400/231 (a) 380/220 (a)
Iraq	50	220 (k)	380/220 (a)	11.000 6.600 3.000 380/220 (a)
Irlanda	50 ± 2	230 (k)	400/230 (a)	20.000 10.000 400/230 (a)
Islandia	50 ± 0,1	230	230/400	230/400
Islas Fiyi	50 ± 2	415/240 (a) 240 (k)	415/240 (a) 240 (k)	11.000 415/240 (a)
Islas Malvinas	50 ± 3	230 (k)	415/230 (a)	415/230 (a)
Islas Salomón	50 ± 2	240	415/240	415/240
Israel	50 ± 0,2	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	22.000 12.600 6.300 400/230 (a)
Italia	50 ± 0,4	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a)	20.000 15.000 10.000 400/230 (a)
Jamaica	50 ± 1	220/110 (g) (j)	220/110 (g) (j)	4.000 2.300 220/110 (g)
Japón (este)	+ 0,1 - 0,3	200/100 (h)	200/100 (h) (hasta 50 kW)	140.000 60.000 20.000 6.000 200/100 (h)
Jordania	50	380/220 (a) 400/230 (k)	380/220 (a)	400 (a)
Kazajistán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Kenia	50	240 (k)	415/240 (a)	415/240 (a)
Kirguizistán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Kuwait	50 ± 3	240 (k)	415/240 (a)	415/240 (a)
Laos	50 ± 8	380/220 (a)	380/220 (a)	380/220 (a)
Lesotho		220 (k)	380/220 (a)	380/220 (a)
Letonia	50 ± 0,4	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Líbano	50	220 (k)	380/220 (a)	380/220 (a)
Libia	50	230 (k) 127 (k)	400/230 (a) 220/127 (a) 230 (k) 127 (k)	400/230 (a) 220/127 (a)
Lituania	50 ± 0,5	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Luxemburgo	50 ± 0,5	380/220 (a)	380/220 (a)	20.000 15.000 5.000
Macedonia	50	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	10.000 6.600 380/220 (a)
Madagascar	50	220/110 (k)	380/220 (a)	35.000 5.000 380/220
Malasia	50 ± 1	240 (k) 415 (a)	415/240 (a)	415/240 (a)
Malawi	50 ± 2,5	230 (k)	400 (a) 230 (k)	400 (a)

Fig. C1: Tensión de la red local BT y diagramas de sus circuitos asociados (continúa en la página siguiente).

1 Redes de distribución pública de BT

C6

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
Mali	50	220 (k) 127 (k)	380/220 (a) 220/127 (a) 220 (k) 127 (k)	380/220 (a) 220/127 (a)
Malta	50 ± 2	240 (k)	415/240 (a)	415/240 (a)
Martinica	50	127 (k)	220/127 (a) 127 (k)	220/127 (a)
Marruecos	50 ± 5	380/220 (a) 220/110 (a)	380/220 (a)	225.000 150.000 60.000 22.000 20.000
Mauritania	50 ± 1	230 (k)	400/230 (a)	400/230 (a)
México	60 ± 0,2	127/220 (a) 220 (k) 120 (l)	127/220 (a) 220 (k) 120 (l)	13.800 13.200 277/480 (a) 127/220 (b)
Moldavia	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Mozambique	50	380/220 (a)	380/220 (a)	6.000 10.000
Nepal	50 ± 1	220 (k)	440/220 (a) 220 (k)	11.000 440/220 (a)
Níger	50 ± 1	230 (k)	380/220 (a)	15.000 380/220 (a)
Nigeria	50 ± 1	230 (k) 220 (k)	400/230 (a) 380/220 (a)	15.000 11.000 400/230 (a) 380/220 (a)
Noruega	50 ± 2	230/400	230/400	230/400 690
Nueva Zelanda	50 ± 1,5	400/230 (e) (a) 230 (k) 460/230 (e)	400/230 (e) (a) 230 (k)	11.000 400/230 (a)
Omán	50	240 (k)	415/240 (a) 240 (k)	415/240 (a)
Países Bajos	50 ± 0,4	230/400 (a) 230 (k)	230/400 (a)	25.000 20.000 12.000 10.000 230/400
Pakistán	50	230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a)
Papúa Nueva Guinea	50 ± 2	240 (k)	415/240 (a) 240 (k)	22.000 11.000 415/240 (a)
Paraguay	50 ± 0,5	220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	22.000 380/220 (a)
Polonia	50 ± 0,1	230 (k)	400/230 (a)	1.000 690/400 400/230 (a)
Portugal	50 ± 1	380/220 (a) 220 (k)	15.000 5.000 380/220 (a) 220 (k)	15.000 5.000 380/220 (a)
Qatar	50 ± 0,1	415/240 (k)	415/240 (a)	11.000 415/240 (a)
Reino Unido	50 ± 1	230 (k)	400/230 (a)	22.000 11.000 6.600 3.300 400/230 (a)
Reino Unido (Irlanda)	50 ± 0,4	230 (k) 220 (k)	400/230 (a) 380/220 (a)	400/230 (a) 380/220 (a)

Fig. C1: Tensión de la red local BT y diagramas de sus circuitos asociados (continúa en la página siguiente).

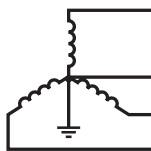
1 Redes de distribución pública de BT

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
República Checa	50 ± 1	230	500 230/400	400.000 220.000 110.000 35.000 22.000 10.000 6.000 3.000
Ruanda	50 ± 1	220 (k)	380/220 (a)	15.000 6.600 380/220 (a)
Rumania	50 ± 0,5	230 (k)	440/220	1.000 690/400 400/230
Rusia	50 ± 0,2	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Samoa		400/230		
San Marino	50 ± 1	230/220	380	15.000 380
Santa Lucía	50 ± 3	240 (k)	415/240 (a)	11.000 415/240 (a)
Senegal	50 ± 5	220 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220/127 (k)	90.000 30.000 6.600
Serbia y Montenegro	50	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	10.000 6.600 380/220 (a)
Seychelles	50 ± 1	400/230 (a)	400/230 (a)	11.000 400/230 (a)
Sierra Leona	50 ± 5	230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	11.000 400
Singapur	50	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a)	22.000 6.600 400/230 (a)
Siria	50	220 (k) 115 (k)	380/220 (a) 220 (k) 200/115 (a)	380/220 (a)
Somalia	50	230 (k) 220 (k) 110 (k)	440/220 (j) 220/110 (j) 230 (k)	440/220 (g) 220/110 (g)
Sri Lanka	50 ± 2	230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	11.000 400/230 (a)
Suazilandia	50 ± 2,5	230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	11.000 400/230 (a)
Sudáfrica	50 ± 2,5	433/250 (a) 400/230 (a) 380/220 (a) 220 (k)	11.000 6.600 3.300 433/250 (a) 400/230 (a) 380/220 (a)	11.000 6.600 3.300 500 (b) 380/220 (a)
Sudán	50	240 (k)	415/240 (a) 240 (k)	415/240 (a)
Suecia	50 ± 0,5	400/230 (a) 230 (k)	400/230 (a) 230 (k)	6.000 400/230 (a)
Suiza	50 ± 2	400/230 (a)	400/230 (a)	20.000 10.000 3.000 1.000 690/500
Tailandia	50	220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Tanzania	50	400/230 (a)	400/230 (a)	11.000 400/230 (a)
Tayikistán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)

Fig. C1: Tensión de la red local BT y diagramas de sus circuitos asociados (continúa en la página siguiente).

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
Togo	50	220 (k)	380/220 (a)	20.000 5.500 380/220 (a)
Túnez	50 ± 2	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	30.000 15.000 10.000 380/220 (a)
Turquía	50 ± 1	380/220 (a)	380/220 (a)	15.000 6.300 380/220 (a)
Turkmenistán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a)
Ucrania	+ 0,2 / - 1,5	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)	380/220 (a) 220 (k)
Uganda	+ 0,1	240 (k)	415/240 (a)	11.000 415/240 (a)
Uruguay	50 ± 1	220 (b) (k)	220 (b) (k)	15.000 6.000 220 (b)
Vietnam	50 ± 0,1	220 (k)	380/220 (a)	35.000 15.000 10.000 6.000
Yemen	50	250 (k)	440/250 (a)	440/250 (a)
Yibuti	50		400/230 (a)	400/230 (a)
Zambia	50 ± 2,5	220 (k)	380/220 (a)	380 (a)
Zimbabue	50	225 (k)	390/225 (a)	11.000 390/225 (a)

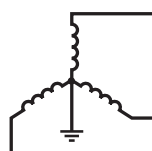
Diagramas de circuito



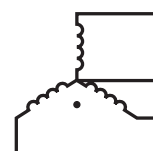
(a) Estrella trifásico: Cuatro conductores Neutro conectado a tierra



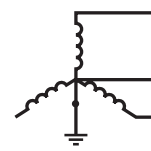
(b) Estrella trifásico: Trifásico



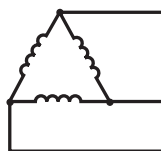
(c) Estrella trifásico: Trifásico Neutro conectado a tierra



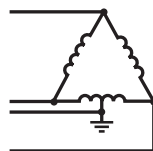
(d) Estrella trifásico: Cuatro conductores Neutro no conectado a tierra



(e) Estrella bifásico: Cuatro conductores Neutro conectado a tierra



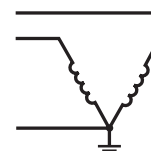
(f) Triángulo trifásico: Trifásico



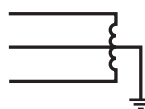
(g) Triángulo trifásico: Cuatro conductores Punto medio conectado a tierra de una fase



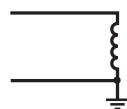
(h) Triángulo abierto trifásico: Cuatro conductores Punto medio conectado a tierra de una fase



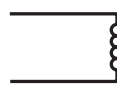
(i) Triángulo abierto trifásico: Unión de fases conectada a tierra



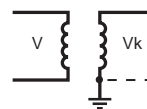
(j) Una fase: Tres conductores Punto medio conectado a tierra



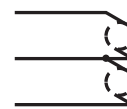
(k) Una fase: Dos conductores Punto final conectado a tierra



(l) Una fase: Dos conductores Sin conectar a tierra



(m) Un conductor: Retorno conectado a tierra



(n) CC: Trifásico Sin conectar a tierra

Fig. C1: Tensión de la red local BT y diagramas de sus circuitos asociados.

Consumidores residenciales y comerciales

La función de un suministrador de energía de BT es proporcionar conexiones de servicio (cable subterráneo o línea aérea) a una serie de consumidores a lo largo de su recorrido.

Los requisitos de especificaciones de corriente de los distribuidores se estiman a partir del número de consumidores que se conectan y de una demanda media por consumidor.

Los dos parámetros limitativos para un distribuidor son los siguientes:

- La corriente máxima que es capaz de transportar indefinidamente.
- La longitud máxima de cable que, al transportar su corriente máxima, no superará el límite de caída de tensión reglamentario.

Estos límites implican que se restringe necesariamente la magnitud de las cargas que las instalaciones están dispuestas a conectar a sus sistemas de distribución de BT.

Para la gama de sistemas de BT mencionados en el segundo párrafo de este subapartado (1.1):

120 V monofásico a 240/415 V trifásico, las cargas máximas típicas permitidas conectadas a un suministrador de BT deberían⁽¹⁾ ser (ver **Figura C2**):

Sistema	Corriente permitida máx. asumida por servicio de consumidor	kVA
120 V monofásico, 2 hilos	60 A	7,2
120/240 V monofásico, 3 hilos	60 A	14,4
120/208 V trifásico, 4 hilos	60 A	22
220/380 V trifásico, 4 hilos	120 A	80
230/400 V trifásico, 4 hilos	120 A	83
240/415 V trifásico, 4 hilos	120 A	86

Fig. C2: Cargas máximas típicas permitidas conectadas a un distribuidor BT.

Las prácticas difieren considerablemente de una empresa suministradora a otra, y no se pueden ofrecer valores “estandarizados”.

Entre los factores que se han de considerar se encuentran los siguientes:

- El tamaño de una red de distribución existente a la que se va a conectar la nueva carga.
- La carga total que ya se ha conectado a la red de distribución.
- La ubicación a lo largo de la red de distribución de la nueva carga propuesta, es decir, cerca del centro de transformación o junto al extremo remoto de la red de distribución, etc.

En resumen, en cada caso debe examinarse individualmente.

Los niveles de carga indicados anteriormente son los adecuados para todos los consumidores domésticos normales y serán suficientes para las instalaciones de un gran número de edificios administrativos, comerciales y similares.

Consumidores industriales de tamaño pequeño y mediano (con líneas de BT dedicadas directas desde un centro de transformación de MT/BT)

Los consumidores industriales pequeños o medianos pueden recibir un suministro satisfactorio a baja tensión.

En el caso de cargas que superen el límite máximo permitido de servicio de un distribuidor, normalmente se puede ofrecer un cable dedicado desde el cuadro de fusibles (o de interruptores) de distribución de BT, en el centro de transformación de servicio de electricidad.

Por lo general, el límite de carga superior que se puede suministrar por estos medios se limita únicamente por la capacidad disponible del transformador de repuesto en el CT.

Sin embargo, en la práctica:

- Las cargas grandes (por ejemplo > 300 kVA) requieren cables de gran longitud, de modo que, a menos que el centro de la carga se encuentre cerca del centro de transformación, este método puede que no resulte económico.
- Muchas empresas de servicios prefieren suministrar cargas que superen 200 kVA (esta cifra varía en función de los diferentes proveedores) a alta tensión.

Por estos motivos, las líneas de suministro dedicado de BT generalmente se aplican (a 220/380 V y hasta 240/415 V) a una gama de cargas de 80 kVA a 250 kVA.

Entre los consumidores a los que se les suministra a baja tensión se incluyen los siguientes:

- Hogares domésticos.
- Establecimientos y edificios comerciales.
- Fábricas, talleres y estaciones de servicio de pequeño tamaño.
- Restaurantes.
- Granjas, etc.

(1) Los valores mostrados en la **Figura C2** son únicamente indicativos y se basan (arbitrariamente) en corriente de servicio máximo de 60 A para los tres primeros sistemas, ya que se permiten caídas de tensión menores a estas tensiones más bajas para un límite reglamentario de un porcentaje dado. El segundo de grupo de sistemas se basa (también arbitrariamente) en una corriente de servicio máxima permitida de 120 A.

C10

En localidades y ciudades de gran tamaño, los cables de distribución de BT estandarizados forman una red a través de cajas de conexiones. Algunas conexiones se eliminan, de modo que cada distribuidor (con fusible) que salga de un centro de transformación MT/BT forme un sistema radial abierto, tal y como se muestra en la **Figura C3**.

1.2 Redes de distribución de BT

En los países europeos, los niveles estándares de tensión de distribución trifásicos de cuatro hilos son 220/380 V o 230/400 V. Muchos países están convirtiendo actualmente sus sistemas BT con respecto a los últimos estándares IEC de 230/400 V nominal (IEC 60038). Las ciudades y localidades de tamaño medio o grande disponen de sistemas de distribución con cables subterráneos. Los centros de transformación de MT/BT, con una distancia entre sí de aproximadamente 500 o 600 m, normalmente están equipados con lo siguiente:

- Un cuadro de MT de 3 o 4 entradas, a menudo compuesto por interruptores de carga de salida y de entrada que forman parte de una distribución en anillo, y uno o dos interruptores automáticos de MT o fusibles e interruptores de carga combinados para los circuitos del transformador.
- Uno o dos transformadores de MT/BT de 1.000 kVA.
- Uno o dos cuadros de fusibles de distribución (acoplados) trifásicos, de 4 hilos, de BT y de 6 u 8 salidas o cuadros de interruptores automáticos, que controlan y protegen los cables de distribución salientes de cuatro núcleos, denominados por lo general “distribuidores”.

La salida de un transformador se conecta a las barras de BT a través de un interruptor de carga, o simplemente a través de conexiones aislantes.

En áreas con carga densa se instala un distribuidor de tamaño estándar para formar una red, por lo general con un cable a lo largo de cada pavimento y cajas de conexión de 4 vías situadas en registros en las esquinas de las calles, donde se cruzan dos cables.

Según las tendencias más recientes, se colocan armarios resistentes a la intemperie por encima del nivel del suelo, ya sea contra un muro o cuando es posible empotrado en un muro.

Las conexiones se insertan de modo que los distribuidores forman circuitos radiales desde el centro AT/MT con ramas de extremos abiertos (ver **Figura C3**). Cuando una caja de conexiones une un distribuidor de un centro de transformación con el de un centro de transformación vecino, las conexiones de fase se omiten o se sustituyen por fusibles, pero la conexión del neutro permanece en su posición.

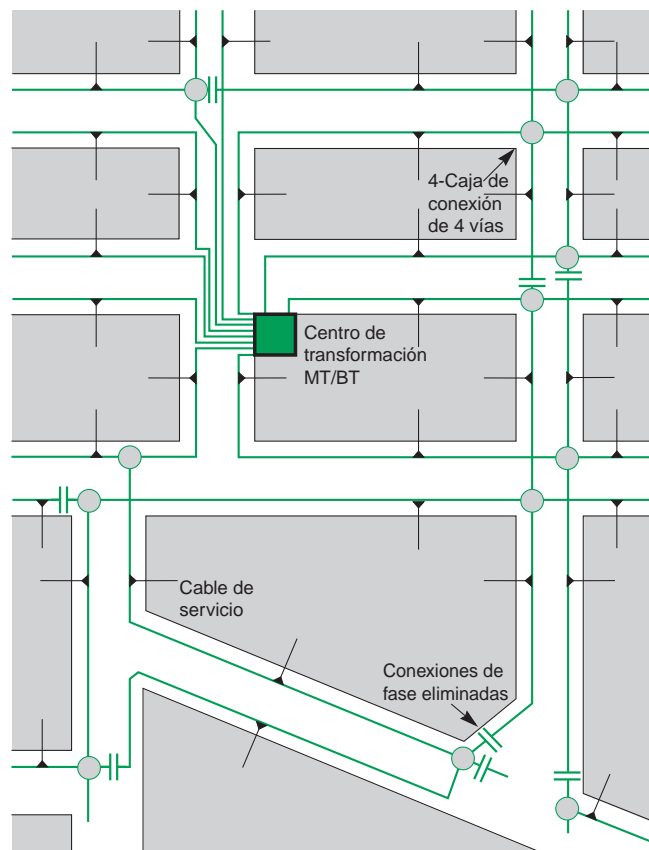


Fig. C3: Uno de los numerosos modos en los que se puede organizar una red de distribución de BT para el funcionamiento radial y en bucle de un distribuidor, rehaciendo las conexiones (fase).

En áreas urbanas con cargas de menor densidad se utiliza por lo general un sistema más económico de distribución radial, en el que se instalan conductores de tamaño más reducido a medida que aumenta la distancia con respecto al CT.

En la actualidad, en muchos países se utilizan habitualmente métodos mejorados con conductores trenzados y aislados que forman un cable aéreo montado en postes.

En Europa, cada centro de transformación de suministro eléctrico puede proporcionar electricidad en BT a un área correspondiente a un radio de aproximadamente 300 m a partir del CT.

Los sistemas de distribución de Norteamérica y de América Central consisten en una red de MT desde la que diferentes transformadores de MT/BT (pequeños) suministran a uno o varios consumidores mediante un cable de servicio directo (o línea) desde la ubicación del transformador.

Los componentes del servicio y los equipos de medición se instalaban antes dentro del edificio del consumidor. La tendencia actual es colocar estos elementos en el exterior en un armario resistente a la intemperie.

Esta disposición ofrece un sistema muy flexible en el que se puede desconectar un centro de transformación completo, mientras el área a la que normalmente suministra se alimenta a partir de cajas de conexiones de las estaciones circundantes.

Además, las longitudes más cortas del distribuidor (entre dos cajas de conexiones) se pueden aislar para la detección de defectos y la reparación.

Cuando la densidad de la carga lo requiera, los CT se pueden espaciar con menos distancia entre sí y a veces son necesarios transformadores de hasta 1.500 kVA.

En áreas de densidad inferior de carga se emplean otras formas de redes urbanas de BT, basadas en pilares de distribución de BT independientes, colocados por encima del nivel del suelo en puntos estratégicos de la red. Este esquema sigue el principio de los distribuidores radiales decrecientes, en los que el tamaño del cable conductor de distribución se reduce a medida que disminuye el número de consumidores aguas abajo al alejarse del centro de transformación.

En este esquema, una serie de alimentadores radiales de BT seccionados a lo largo del cuadro de distribución en el centro de transformación alimentan a las barras de un pilar de distribución, desde el que los distribuidores de menor tamaño suministran a los consumidores que se encuentren inmediatamente alrededor del pilar.

La distribución en centros comerciales, pueblos y áreas rurales generalmente y durante muchos años se ha basado en conductores de cobre desnudos cuyo soporte eran postes de madera, hormigón o acero, y se alimentaban mediante transformadores montados en los postes o en la tierra.

En los últimos años, se han desarrollado conductores aislados de BT trenzados que forman un cable independiente de 2 o 4 núcleos para uso aéreo, y se consideran más seguros y visualmente más aceptables que las líneas de cobre desnudas.

Esto es especialmente así cuando los conductores se fijan a los muros (por ejemplo, cableados bajo aleros) donde apenas se ven.

Se han aplicado principios similares con tensiones altas y ahora se encuentran disponibles conductores aislados independientes y "agrupados" para instalaciones aéreas de MT a 24 kV.

Cuando más de un centro de transformación suministra a una localidad, se realizan disposiciones en los postes en los que confluyen las líneas de BT de diferentes centros de transformación para interconectar las fases correspondientes.

La práctica de Norteamérica y Sudamérica difiere fundamentalmente de la de Europa en que las redes de BT prácticamente no existen y que son poco frecuentes los suministros trifásicos en instalaciones domésticas de áreas residenciales.

La distribución se realiza con eficacia en alta tensión en una dirección, de modo que difiere también de las prácticas europeas. De hecho, el esquema de MT es un sistema trifásico de 4 hilos desde el que las redes de distribución monofásicas (conductores de fase y neutros) suministran a diferentes transformadores monofásicos, cuyos bobinados secundarios son de toma central para producir suministros monofásicos de 3 hilos y 120/240 V. Los conductores centrales alimentan a los neutros de BT que, junto a los conductores neutros de MT, se encuentran conectados a tierra en intervalos a lo largo de sus recorridos.

Cada transformador de MT/BT suministra a una o varias instalaciones directamente desde la posición del transformador mediante cables de servicio radiales o mediante líneas aéreas).

En estos países existen otros muchos sistemas, pero el que se describe parece ser el más común.

La **Figura C4** (página siguiente) muestra las principales características de los dos sistemas.

1.3 La conexión entre el servicio y el consumidor

Antes, siempre llegaba al interior de las instalaciones del consumidor un cable de servicio subterráneo o unos conductores aislados montados en los muros a partir de una línea aérea, y además se instalaban la caja de sellado del extremo del cable, los fusibles del servicio (inaccesibles para el consumidor) y los medidores.

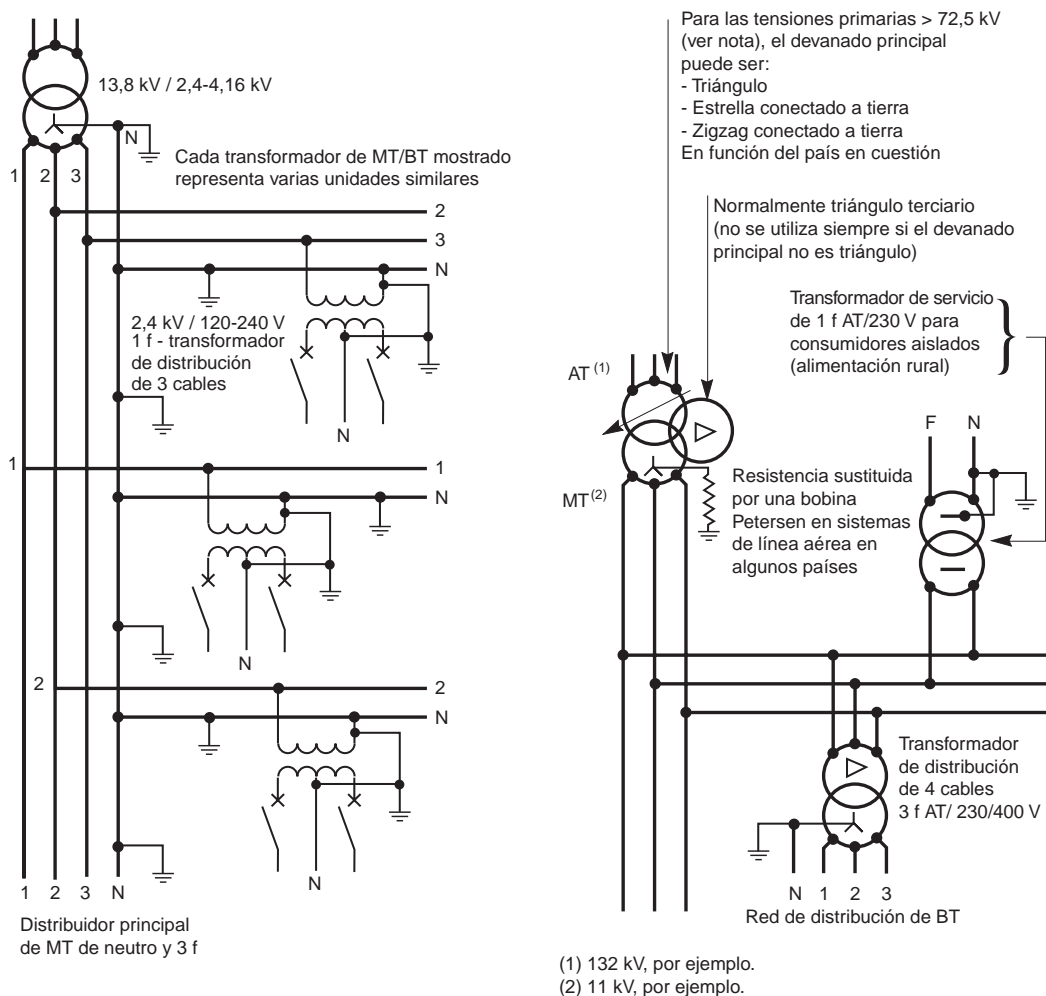
La tendencia más reciente es ubicar (lo más lejos posible) estos componentes del servicio en una envolvente resistente a la intemperie, fuera del edificio.

La interfaz del consumidor y de los servicios a menudo se encuentran en los terminales de salida de los medidores o, en algunos casos, en los terminales de salida del interruptor automático principal de la instalación (dependiendo de las prácticas locales) a los que realizan la conexión los empleados de la empresa de servicio, tras realizar pruebas e inspecciones de la instalación.

En la **Figura C5** se muestra una disposición típica (página siguiente).

1 Redes de distribución pública de BT

C12



Nota: Con tensiones principales superiores a 72,5 en CT de alimentación de gran volumen, es una práctica común en algunos países europeos utilizar un devanado principal de estrella conectada a tierra y un devanado secundario triángulo. El punto neutro del lado secundario se suministra con una resistencia de tierra en zigzag cuyo punto estrella está conectado a tierra a través de una resistencia. Con frecuencia, la resistencia de tierra tiene un devanado secundario para proporcionar alimentaciones trifásicas de BT a la subestación. En tal caso se denomina un "transformador de puesta a tierra".

Fig. C4: Utilizado en general en los sistemas de tipo europeo y americano.

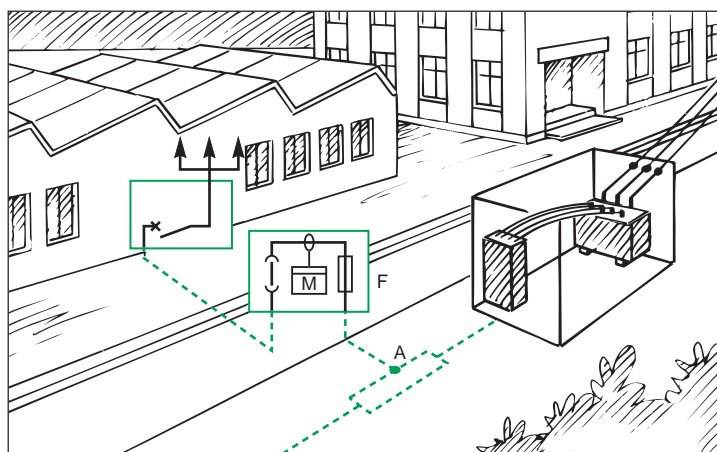


Fig. C5: Disposición típica del servicio en sistemas conectados a tierra TT.

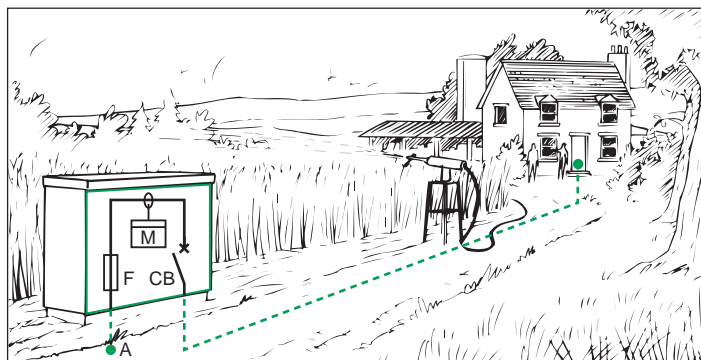
Los consumidores de BT normalmente reciben el suministro según el esquema TN o TT, tal y como se describe en los capítulos F y G. El interruptor automático principal de la instalación de un suministro TT debe incluir un dispositivo de protección de fugas a tierra de corriente residual. En el caso de un servicio TN, se necesita protección contra sobrecargas mediante interruptores automáticos o fusible de interruptor.

Es obligatorio un interruptor automático de caja moldeada que incorpore una función protectora de defecto a tierra de corriente residual sensible en el origen de cualquier instalación de BT que forme parte de la apartada a tierra TT. La razón por la que es necesaria esta función y los niveles correspondientes de disparo por corriente de fuga se tratan en el apartado 3 del Capítulo G.

Otro motivo por el que es necesario este dispositivo es que el consumidor no puede superar su carga (contractual) máxima declarada, ya que el ajuste de disparo por sobrecarga, sellado por la autoridad encargada del suministro, cortará el suministro que se encuentre por encima del valor declarado. El consumidor puede cerrar o disparar libremente el interruptor, de modo que, si el interruptor se sobrecarga o se dispara sin querer, o debido a un defecto del dispositivo, los suministros se pueden restablecer rápidamente tras la corrección de la anomalía.

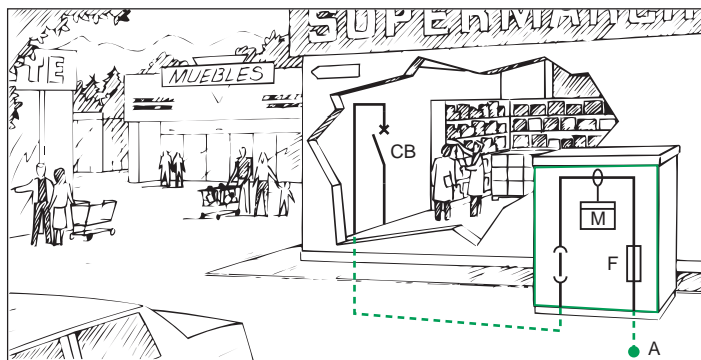
Dada la incomodidad tanto para el personal de la compañía suministradora como para el consumidor, actualmente los equipos de medida suelen ubicarse fuera de las instalaciones de diferentes modos:

- En una envolvente conforme a las normas de la empresa suministradora, como muestran las Figuras C6 y C7.
- En un espacio dentro de un edificio pero con la terminación de los cables y los fusibles de la empresa suministradora ubicado en un armario empotrado resistente a la intemperie y al que se puede acceder desde la vía pública, tal y como se muestra en la Figura C8 de la página siguiente.
- Para consumidores domésticos privados, el equipo mostrado en el armario de la Figura C5 se instala en un armario resistente a la intemperie montado verticalmente en un marco metálico en el jardín frontal, o empotrado en el muro divisor, y al que puede acceder el personal autorizado desde la acera. La Figura C9 (página siguiente) muestra la disposición general, en la que las conexiones de fusibles que pueden eliminarse ofrecen el medio de aislamiento.



En este tipo de instalación a menudo es necesario colocar el interruptor automático principal de la instalación a cierta distancia del punto de utilización, por ejemplo aserraderos, estaciones de bombeo, etc.

Fig. C6: Instalación típica de tipo rural.

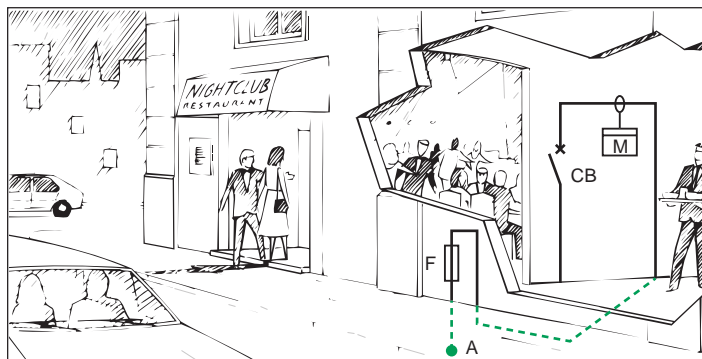


El interruptor automático principal de la instalación se encuentra ubicado en las instalaciones del consumidor en los casos en los que se configura para que se dispare si se supera la demanda de carga de kVA declarada.

Fig. C7: Instalaciones semiurbanas (zonas comerciales, etc.).

1 Redes de distribución pública de BT

C14



El cable de acometida termina en un armario de pared empotrado que contiene las conexiones de fusibles de aislamiento, al que se puede acceder desde la vía pública. Este método se prefiere por motivos estéticos, cuando el consumidor puede aportar una ubicación adecuada para el interruptor principal y para el medidor.

Fig. C8: Instalaciones en el centro de ciudades.

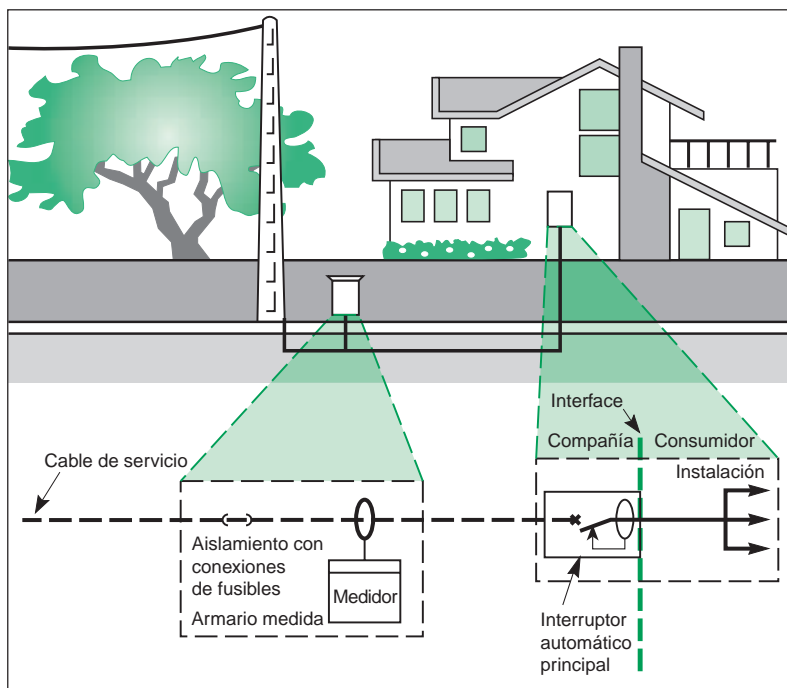


Fig. C9: Disposición típica de servicios de BT para consumidores domésticos.

En el campo de la medición electrónica, se han desarrollado técnicas para que las empresas de servicios puedan medir la electricidad y facturar, y debido también a que la liberación del mercado de la electricidad ha aumentado la necesidad de poder recopilar más datos de los equipos de medida. Por ejemplo, la medición electrónica también puede ayudar a las empresas de servicios a comprender los perfiles de consumo de sus clientes.

Del mismo modo, cada vez serán útiles para un número cada vez mayor de aplicaciones de radiofrecuencia y de comunicación de líneas de alimentación.

En esta área también los sistemas de prepago se utilizan cada vez más cuando están justificados económicamente. Se basan en el hecho de que, por ejemplo, los consumidores que han realizado el pago en las estaciones de distribución generan pruebas para pasar la información relativa a este pago a los equipos de medida. En estos sistemas la principal preocupación es la seguridad y la interoperabilidad, que ahora parecen haberse solucionado. El atractivo de estos sistemas se debe al hecho de que no sólo eliminan los equipos de medida, sino también los sistemas de facturación, la lectura de los equipos de medida y la administración de la recaudación de ingresos.

Un nivel adecuado de tensión en los terminales de servicio de suministro de los consumidores es esencial para el funcionamiento óptimo de los equipos y los dispositivos. Los valores prácticos de corriente y las consecuentes caídas de tensión en un sistema de BT, demuestran la importancia de mantener un alto factor de potencia como medio para reducir las caídas de tensión.

1.4 Calidad de la tensión de suministro

La calidad del suministro de la red de BT en su sentido más amplio implica lo siguiente:

- Cumplimiento de los límites reglamentarios de magnitud y de frecuencia.
- Libertad de fluctuación continua dentro de esos límites.
- Suministro ininterrumpido de alimentación, excepto en el caso de cortes programados por motivos de mantenimiento, o como resultado de defectos del sistema u otras emergencias.
- Conservación de una forma de onda casi sinusoidal.

En este subapartado únicamente se tratará el mantenimiento de la magnitud de la tensión, y las cuestiones restantes se tratan en el subapartado 1.3 del capítulo E.

En la mayoría de los países, las autoridades responsables del suministro eléctrico tienen la obligación de mantener el nivel de tensión en el punto de servicio de los consumidores dentro de los límites del $\pm 5\%$ (o en algunos casos $\pm 6\%$ o más, consúltese la tabla C1) del valor nominal declarado.

Una vez más, IEC y la mayoría de estándares nacionales recomiendan que los dispositivos de BT se diseñen y se prueben de modo que funcionen de forma óptima dentro de los límites del $\pm 10\%$ de la tensión nominal. Esto deja un margen, en las peores condiciones (de menos del 5% en el punto de servicio, por ejemplo), de una caída de tensión permisible del 5% en el cableado de la instalación.

Las caídas de tensión en un sistema típico de distribución ocurren del siguiente modo: la tensión en los terminales de MT de un transformador de MT/BT normalmente se mantiene dentro de una banda del $\pm 2\%$ por la acción de reguladores automáticos en carga de los transformadores en las subestaciones de transformación, que alimentan la red de MT desde un sistema de transporte de tensión superior.

Si el transformador de MT/BT se encuentra en una ubicación cercana a la subestación de transformación, la banda de tensión del $\pm 2\%$ puede centrarse en un nivel de tensión que sea superior al valor nominal de MT. Por ejemplo, la tensión podría ser de $20,5 \text{ kV} \pm 2\%$ en un sistema de 20 kV. En este caso, el transformador de distribución de MT/BT debería tener el regulador seleccionado en la posición de variación de + 2,5%.

A la inversa, en ubicaciones remotas de las subestaciones de transformación, es posible un valor de $19,5 \text{ kV} \pm 2\%$, en cuyo caso, el regulador deberá estar seleccionado en la posición de -5%.

Los diferentes niveles de tensión en un sistema son normales. Además, estas diferencias de tensión son el motivo por el que se emplea el término "nominal" al referirse a la tensión del sistema.

Aplicación práctica

Con el transformador de MT/BT correctamente regulado, se mantendrá una tensión de salida del transformador en vacío dentro de una banda del $\pm 2\%$ de su tensión de salida en vacío.

Para garantizar que el transformador pueda mantener el nivel de tensión necesario cuando se encuentre a plena carga, la tensión de salida en vacío debe ser lo más alta posible, sin superar el límite superior del + 5% (adoptado para este ejemplo). En la práctica actual, las relaciones de devanado generalmente producen una tensión de salida de alrededor del 104% en vacío⁽¹⁾, cuando se aplica la tensión nominal en MT, o se corrige mediante el regulador, tal y como se describe anteriormente. Esto produciría una banda de tensión de entre el 102% y el 106% en el caso actual.

Un transformador de distribución de BT típico tiene una tensión de cortocircuito del 5%.

Si se asume que su tensión de resistencia es una décima parte de este valor, la caída de tensión dentro del transformador al suministrar una carga completa con un factor de potencia de 0,8, será:

$$\begin{aligned} V\% \text{ caída} &= R\% \cos \varphi + X\% \sin \varphi \\ &= 0,5 \times 0,8 + 5 \times 0,6 \\ &= 0,4 + 3 = 3,4\% \end{aligned}$$

La banda de tensión en los terminales de salida del transformador a plena carga será por lo tanto de $(102 - 3,4) = 98,6\%$ a $(106 - 3,4) = 102,6\%$.

La caída de tensión máxima permisible en un distribuidor es por lo tanto $98,6 - 95 = 3,6\%$.

En términos prácticos, esto significa que un cable de distribución de tamaño medio, de cuatro hilos, trifásico de 230/400 V de conductores de cobre de 240 mm² podría suministrar una carga total de 292 kVA con un factor de potencia de 0,8, distribuidos de forma uniforme en 306 metros del distribuidor. De modo alternativo, la misma carga en las instalaciones de un solo consumidor podría suministrarse a una distancia de 153 desde el transformador, para la misma caída de tensión, etc.

(1) Los transformadores diseñados para la norma IEC 230/400 V tendrán una salida en vacío de 420 V, es decir, 105% de la tensión nominal.

1 Redes de distribución pública de BT

C16

Como interés, cabe destacar que la especificación máxima del cable, basada en los cálculos derivados de la IEC 60287 es 290 kVA, y de este modo, el margen de tensión del 3,6% no es demasiado restrictivo, es decir, el cable se puede cargar completamente para las distancias que normalmente son necesarias en los sistemas de distribución de BT.

Además, un factor de potencia de 0,8 es adecuado para cargas industriales. En áreas semiindustriales mixtas, 0,85 es un valor más común, mientras que por lo general se utiliza el valor de 0,9 para cálculos relacionados con áreas residenciales, de modo que la caída de tensión indicada anteriormente se puede considerar como un ejemplo "del peor de los casos".

En esta guía no se intentará tratar el tema de las tarifas particulares, ya que parece que existen tantas estructuras de tarifas diferentes en el mundo como empresas suministradoras.

Algunas tarifas son muy complicadas en detalle, pero algunos elementos son comunes a todas y su objetivo es animar a los consumidores a que gestionen su consumo de energía de modo que se reduzca el coste de generación, transporte y distribución.

Los dos modos más utilizados con los que se puede reducir el coste del suministro energético de los consumidores son los siguientes:

- Reducción de pérdidas de energía en la generación, transporte y distribución de energía eléctrica. En principio, en un sistema de electricidad se obtienen las menores pérdidas cuando todas las partes del sistema funcionan con un factor de potencia unitario.
- Reducción de la demanda máxima de energía, mientras aumenta la demanda en períodos de carga baja, y por lo tanto se explota al máximo la central de generación y se reduce al mínimo la redundancia de plantas.

Reducción de pérdidas

Aunque la situación ideal especificada en la primera posibilidad mencionada anteriormente no se pueda realizar en la práctica, muchas estructuras de tarifas se basan en parte en la demanda de kVA, así como en los kWh consumidos. Puesto que para una carga de kW determinada, el valor mínimo de kVA se produce en el factor de potencia unitario, el consumidor puede reducir al mínimo los costes de facturación tomando medidas para mejorar el factor de potencia de la carga (tal y como se trata en el capítulo L). La demanda de kVA que se utiliza de forma general con fines de tarificación es la demanda media máxima de kVA que se produce durante cada período de facturación, y se basa en las demandas medias de kVA, en períodos fijos (generalmente períodos de 10, 30 o 60 minutos) y se seleccionan los valores más altos. El principio se describe a continuación en el apartado de "principio de medición de demanda máxima de kVA".

Reducción de la demanda máxima de energía

El segundo objetivo, es decir, el de la reducción de las demandas máximas de energía, mientras se aumenta la demanda en períodos de baja carga, ha producido tarifas que ofrecen una reducción sustancial del coste de energía:

- A ciertas horas durante las 24 horas del día.
- En ciertos períodos del año.

El ejemplo más sencillo es el de un consumidor doméstico con un calentador de agua por acumulación (o un calefactor de acumulación, etc.). El equipo de medida dispone de dos registros digitales, uno de los cuales funciona durante el día y el otro (que se conecta mediante un dispositivo de temporización) funciona durante la noche. Un contactor que se activa mediante el mismo dispositivo de temporización, cierra el circuito del calentador de agua, cuyo consumo se indica en el registro en el que se aplica la tarifa más económica. El calentador se puede encender y apagar en cualquier momento del día si es necesario, pero entonces se medirá con la tarifa normal. Los grandes consumidores industriales pueden disponer de 3 o 4 tarifas que se aplican en diferentes períodos durante un intervalo de 24 horas, y un número similar de períodos diferentes al año. En estos esquemas, la relación de coste por kWh durante un período de demanda máxima durante el año, y la del período de carga más inferior del año puede ser de hasta 10:1.

Equipos de medida

Como es lógico, son necesarios instrumentos y dispositivos de alta calidad para implementar este tipo de medición. Hasta la fecha se han utilizado equipos electromecánicos clásicos. Ahora se utilizan recientes desarrollos en la medición electrónica y microprocesadores, que facilitan considerablemente la aplicación de los principios tratados anteriormente.

Tal y como se ha indicado anteriormente, en la mayoría de los países, algunas tarifas se basan en parte en la demanda de kVA, además del consumo de kWh, durante los períodos de facturación (a menudo intervalos de 3 meses). La demanda máxima que registra el contador que se describe es, de hecho, una media máxima (es decir, la más alta) de demanda de kVA registrada en períodos consecutivos durante el intervalo de facturación.

La **Figura C10** muestra una curva típica de demanda de kVA en un período de dos horas dividido en períodos consecutivos de 10 minutos. El contador mide el valor medio de kVA durante cada uno de estos períodos de 10 minutos.

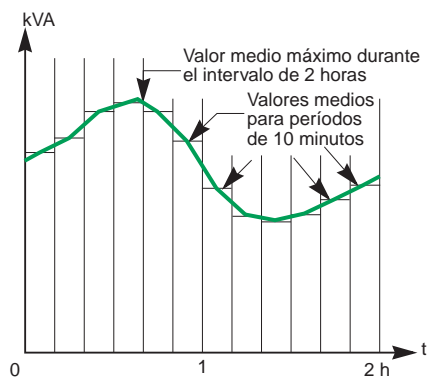


Fig. C10: Valor medio máximo de kVA en un intervalo de 2 h.

Principio de medición de demanda máxima de kVA

Un contador de kVAh es similar a un contador de kWh pero la relación de fase de tensión y corriente se ha modificado para que mida con eficacia kVAh (kilovoltio-amperio-hora). Además, en lugar de contar con un conjunto de indicadores de contador por decenas, como es el caso de un medidor de kWh convencional, este instrumento dispone de un puntero giratorio. Cuando el puntero gira, mide kVAh y empuja un indicador rojo ante él. Transcurridos 10 minutos, el puntero se habrá desplazado en parte alrededor del indicador (está diseñado para que nunca pueda completar una revolución en 10 minutos) y a continuación vuelve eléctricamente a la posición de cero, para comenzar otro período de diez minutos. El indicador rojo sigue en la posición que ha alcanzado el puntero de medición, y esa posición corresponde al número de kVAh (kilovoltio-amperio-hora) que toma la carga en 10 minutos. No obstante, en lugar de que el dial se marque en kVAh en ese punto se puede marcar en unidades de kVA medias. Las siguientes cifras lo aclararán.

Supongamos que el punto que alcanza el indicador rojo corresponde a 5 kVAh. Se sabe que una cantidad variable de kVA de potencia aparente ha fluido durante 10 minutos, es decir 1/6 de hora.

Si ahora los 5 kVAh se dividen por el número de horas, se obtiene la media de kVA durante el período.

En este caso, la media de kVA durante el período será:

$$5 \times \frac{1}{6} = 5 \times 6 = 30 \text{ kVA}$$

Cada punto alrededor del indicador se marcará de forma similar, es decir, la cifra del kVA medio será 6 veces superior al valor de kVAh en cualquier punto determinado. Se puede aplicar un razonamiento similar a cualquier otro intervalo de tiempo de reinicio.

Al final del período de facturación, el indicador rojo se encontrará en el máximo de todos los valores medios que se han producido en el período de facturación.

El indicador rojo volverá a cero al comienzo de cada período de facturación.

Los medidores electromecánicos del tipo descrito se están sustituyendo rápidamente por instrumentos electrónicos. Sin embargo, los principios de medición básicos de los que dependen estos medidores electrónicos son los mismos que los descritos anteriormente.