

Redes de distribución de servicios públicos de baja tensión.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Consumidores de bajo voltaje

Los suministros de BT más comunes se encuentran dentro del rango de 120 V monofásico a 240/415 V trifásico de 4 hilos.

Se pueden suministrar cargas de hasta 250 kVA en BT, pero las organizaciones de suministro de energía generalmente proponen un servicio de MT en niveles de carga para los cuales sus redes de BT son marginalmente adecuadas.

La norma IEC 60038 recomienda que un estándar de voltaje internacional para sistemas de baja tensión trifásicos de 4 hilos sea 230/400 V.

En Europa, el período de transición sobre la tolerancia de tensión a “230V/400V + 10% / -10%” se ha ampliado otros 5 años hasta el año 2008.

Los consumidores de baja tensión son, por definición, aquellos consumidores cuyas cargas pueden ser alimentadas satisfactoriamente por la red de baja tensión de su localidad.

El voltaje de la red local de BT puede ser 120/208 V o 240/415 V, es decir, los extremos inferior o superior de los niveles trifásicos más comunes en uso general, o en algún nivel intermedio, como se muestra en las **Figuras C1 y C2** . .

Tensión de las redes locales de BT.

Fig. C1 – Tensión de la red local de BT y sus diagramas de circuito asociados

País	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Nacional (V)	Comercial (V)	Industriales (V)
------	-------------------------------------	--------------	---------------	------------------

Afganistán	50	380/220(a) 220(k)	380/220(a)	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)
Angola	50	380/220(a) 220(k)	380/220(a)	380/220(a)
Antigua y Barbuda	60	240 kilos 120 kilos	400/230(a) 120/208(a)	400/230(a) 120/208(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 (un)
Azerbaiyán	50 ± 0,1	208/120(a) 240/120(k)	208/120(a) 240/120(k)	
Bahréin	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 (un)
Barbados	50 ± 6	230/115 (j) 115 (k)	230/115 (j) 200/115 (a) 220/115 (a)	230/400 (g) 230/155 (j)
Bielorrusia	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)

Bélgica	50 ± 5	230 (k) 230 (a) 3N, 400	230 (k) 230 (a) 3N, 400	6.600 10.000 11.000 15.000
bolivia	50 ± 0,5	230k)	400/230(a) 230(k)	400/230(a)
Botsuana	50 ± 3	220k)	380/220(a)	380/220(a)
Brasil	60 ± 3	220 (k,a) 127 (k,a)	220/380 (a) 127/220 (a)	69.000 23.200 13.800 11.200 220/380 (a) 127/220 (a)
Brunéi	50 ± 2	230	230	11.000 68.000
Bulgaria	50 ± 0,1	220	220/240	1.000 690 380
Camboya	50 ± 1	220k)	220/300	220/380
Camerún	50 ± 1	220/260k)	220/260k)	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)
Cabo Verde		220	220	380/400
Chad	50 ± 1	220k)	220k)	380/220(a)
Chile	50 ± 1	220k)	380/220(a)	380/220(a)
Porcelana	50 ± 0,5	220k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a) 220(k)
Colombia	60 ± 1	120/240 (g) 120 (k)	120/240 (g) 120 (k)	13.200 120/240 (g)
Congo	50	220k)	240/120 (j) 120 (k)	380/220(a)

Croacia	50	400/230(a) 230(k)	400/230(a) 230(k)	400/230(a)
Chipre	50 ± 0,1	240k)	415/240	11.000 415/240
República Checa	50 ± 1	230	500 230/400	400.000 220.000 110.000 35.000 22.000 10.000 6.000 3.000
Dinamarca	50 ± 1	400/230(a)	400/230(a)	400/230(a)
Yibuti	50		400/230(a)	400/230(a)
república dominicana	50	230k)	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)
Estonia	50 ± 1	380/220(a) 220(k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Etiopía	50 ± 2,5	220k)	380/231 (a)	15 000 380/231 (a)
Islas Malvinas	50 ± 3	230k)	415/230(a)	415/230(a)
Islas Fidji	50 ± 2	415/240(a) 240(k)	415/240(a) 240(k)	11.000 415/240(a)
Finlandia	50 ± 0,1	230k)	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	220k)	220/380	380
Georgia	50 ± 0,5	380/220(a) 220(k)	380/220(a) 220(k)	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
Ghana	50 ± 5	220/240	220/240	415/240(a)
Gibraltar	50 ± 1	415/240(a)	415/240(a)	415/240(a)
Grecia	50	220k) 230	6.000 380/220 (un)	22.000 20.000 15.000 6.600
Granada	50	230k)	400/230(a)	400/230(a)
Hong Kong	50 ± 2	220k)	380/220(a) 220(k)	11.000 386/220 (a)
Hungría	50 ± 5	220	220	220/380
Islandia	50 ± 0,1	230	230/400	230/400
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	220k)	380/220(a)	150.000 20.000 380/220 (a)
Irán	50 ± 5	220k)	380/220(a)	20.000 11.000 400/231 (a) 380/220 (a)
Irak	50	220k)	380/220(a)	11.000 6.600 3.000 380/220 (a)
Irlanda	50 ± 2	230k)	400/230(a)	20.000 10.000 400/230 (a)
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 (horas)	200/100 (h) (hasta 50 kW)	140.000 60.000 20.000 6.000 200/100 (horas)
Jordán	50	380/220 (a) 400/230 (k)	380/220(a)	400 (un)
Kazajstán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Kenia	50	240k)	415/240(a)	415/240(a)
Kirguistán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Corea (Norte)	60 +0, -5	220k)	380/220(a)	13.600 6.800
Corea del Sur)	60 ± 0,2	220k)	380/220(a)	380/220(a)
Kuwait	50 ± 3	240k)	415/240(a)	415/240(a)
Laos	50 ± 8	380/220(a)	380/220(a)	380/220(a)
Lesoto		220k)	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	220k)	380/220(a)	380/220(a)
Libia	50	230k) 127k)	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	230k)	400(a) 230(k)	400 (un)
Malí	50	220k) 127k)	380/220 (a) 220/127 (a) 220 (k) 127 (k)	380/220(a) 220/127(a)
Malta	50 ± 2	240k)	415/240(a)	415/240(a)
Martinica	50	127k)	220/127(a) 127(k)	220/127 a)
Mauritania	50 ± 1	230k)	400/230(a)	400/230(a)
México	60 ± 0,2	127/220 (a) 120/240 (j)	127/220 (a) 120/240 (j)	4.160 13.800 23.000 34.500 277/480 (a) 127/220 (b)
Moldavia	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Marruecos	50 ± 5	380/220(a)	380/220(a)	225.000

		220/110(a)		150.000 60.000 22.000 20.000
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 (un)
Países Bajos	50 ± 0,4	230/400(a) 230(k)	230/400(a)	25.000 20.000 12.000 10.000 230/400
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)
Níger	50 ± 1	230(k)	380/220(a)	15.000 380/220 (un)
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
Omán	50	240(k)	415/240(a) 240(k)	415/240(a)
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 (un)

Filipinas (República de la)	60 ± 0,16	110/220 (j)	13.800 4.160 2.400 110/220 (horas)	13.800 4.160 2.400 440 (b) 110/220 (h)
Polonia	50 ± 0,1	230k)	400/230(a)	1.000 690/400 400/230 (un)
Portugal	50 ± 1	380/220(a) 220(k)	15.000 5.000 380/220 (a) 220 (k)	15.000 5.000 380/220 (a)
Katar	50 ± 0,1	415/240 (k)	415/240(a)	11.000 415/240(a)
Rumania	50 ± 0,5	220 (k) 220/380 (a)	220/380(a)	20.000 10.000 6.000 220/380 (a)
Rusia	50 ± 0,2	380/220(a) 220(k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Ruanda	50 ± 1	220k)	380/220(a)	15.000 6.600 380/220 (a)
Santa Lucía	50 ± 3	240k)	415/240(a)	11.000 415/240(a)
Samoa		400/230		
San Marino	50 ± 1	230/220	380	15.000 380
Arabia Saudita	60	220/127 a)	220/127(a) 380/220(a)	11.000 7.200 380/220 (a)
Las Islas Salomón	50 ± 2	240	415/240	415/240
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)
Eslovaquia	50 ± 0,5	230	230	230/400
Eslovenia	50 ± 0,1	220(k)	380/220(a)	10.000 6.600 380/220 (a)
Somalia	50	230(k) 220(k) 110(k)	440/220 (j) 220/110 (j) 230 (k)	440/220 (g) 220/110 (g)
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)
España	50 ± 3	380/220 (a) (e) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220 (a) 220/127 (a) (e)	15.000 11.000 380/220 (a)
Sri Lanka	50 ± 2	230(k)	400/230(a) 230(k)	11.000 400/230(a)
Sudán	50	240(k)	415/240(a) 240(k)	415/240(a)
Suazilandia	50 ± 2,5	230(k)	400/230(a) 230(k)	11.000 400/230(a)
Suecia	50 ± 0,5	400/230(a) 230(k)	400/230(a) 230(k)	6.000 400/230 (un)

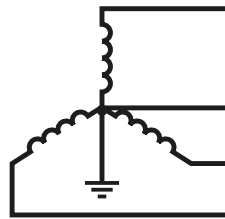
Suiza	50 ± 2	400/230(a)	400/230(a)	20.000 10.000 3.000 1.000 690/500
Siria	50	220k) 115k)	380/220 (a) 220 (k) 200/115 (a)	380/220(a)
Tayikistán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Tanzania	50	400/230(a)	400/230(a)	11.000 400/230(a)
Tailandia	50	220k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Ir	50	220k)	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 (un)
Turkmenistán	50	380/220 (a) 220 (k) 220/127 (a) 127 (k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a)
Pavo	50 ± 1	380/220(a)	380/220(a)	15.000 6.300 380/220 (a)
Uganda	+ 0,1	240k)	415/240(a)	11.000 415/240(a)
Ucrania	+ 0,2 / - 1,5	380/220(a) 220(k)	380/220(a) 220(k)	380/220(a) 220(k)
Emiratos Árabes Unidos	50 ± 1	220k)	415/240 (a) 380/220 (a) 220 (k)	6.600 415/210 (a) 380/220 (a)

Reino Unido (excepto Irlanda del Norte)	50 ± 1	230k)	400/230(a)	22.000 11.000 6.600 3.300 400/230 (a)
Reino Unido (incluida Irlanda del Norte)	50 ± 0,4	230k) 220k)	400/230 (a) 380/220 (a)	400/230 (a) 380/220 (a)
Estados Unidos de América 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 de América 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)
Estados Unidos de América Los Ángeles (California)	60 ± 0,2	120/240 (j)	4.800 120/240 (g)	4.800 120/240 (g)
Estados Unidos de América 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 de América 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)

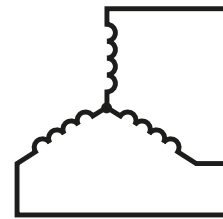
Estados Unidos Pittsburg (Pensilvania)	60 ± 0,03	120/240 (j)	265/460 (a) 120/240 (j) 120/208 (a) 460 (f) 230 (f)	13.200 11.500 2.400 265/460 (a) 120/208 (a) 460 (f) 230 (f)
Estados Unidos de América Portland (Oregón)	60	120/240 (j)	227/480 (a) 120/240 (j) 120/208 (a) 480 (f) 240 (f)	19.900 12.000 7.200 2.400 277/480 (a) 120/208 (a) 480 (f) 240 (f)
Estados Unidos de América 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 de América 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)
Uruguay	50 ± 1	220 (b) (k)	220 (b) (k)	15.000 6.000 220 b)
Vietnam	50 ± 0,1	220k)	380/220(a)	35.000 15.000 10.000 6.000
Yemen	50	250 (miles)	440/250(a)	440/250(a)
Zambia	50 ± 2,5	220k)	380/220(a)	380 (a)
Zimbabue	50	225k)	390/225(a)	11.000 390/225(a)

Diagramas de circuito

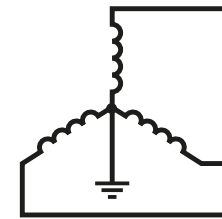
Fig. C2 – Diagramas de circuitos asociados



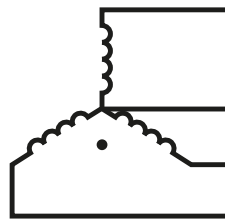
[a] Estrella trifásica;
Cuatro hilos: neutro
puesto a tierra



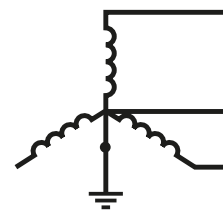
[b] Estrella trifásica: Tres
hilos



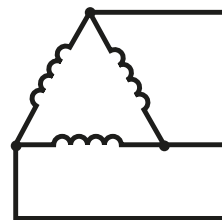
[c] Estrella trifásica; Tres
hilos: Neutro puesto a
tierra



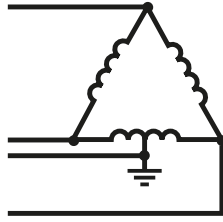
[d] Estrella trifásica;
Cuatro hilos: neutro sin
conexión a tierra



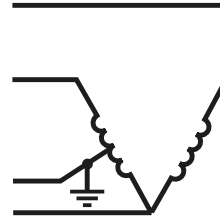
[e] Estrella bifásica; Tres
hilos: Neutro puesto a
tierra



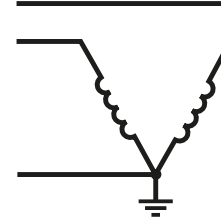
[f] Delta trifásico: Tres
hilos



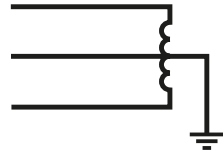
[g] Delta trifásico; Cuatro hilos: punto medio puesto a tierra de una fase



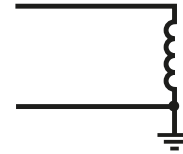
[h] Delta abierto trifásico; Cuatro hilos: punto medio puesto a tierra de una fase



[i] Delta abierto trifásico: Unión de fases puesta a tierra



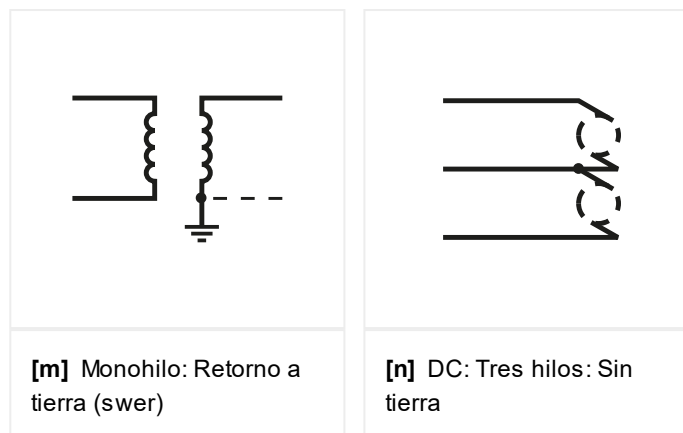
[j] Monofásico; Tres hilos: punto medio puesto a tierra



[k] Monofásico; Dos hilos: final de fase puesto a tierra



[l] Monofásico; Dos cables desenterrados



Consumidores residenciales y comerciales.

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

Las necesidades de calificación actual de las distribuidoras se estiman a partir del número de consumidores a conectar y de una demanda promedio por consumidor.

Los dos principales parámetros limitantes de un distribuidor son:

- La corriente máxima que es capaz de transportar indefinidamente, y
- La longitud máxima del cable que, cuando transporta su corriente máxima, no excederá el límite legal de caída de tensión.

Estas limitaciones significan que la magnitud de las cargas que las empresas de servicios públicos están dispuestas a conectar a sus redes de distribución de BT está necesariamente restringida.

Para la gama de sistemas de BT mencionados en [Voltaje de redes locales de BT](#), a saber: monofásico de 120 V a trifásico de 240/415 V, las cargas típicas máximas permitidas conectadas a un distribuidor de BT podrían ser ^[1] (consulte **la Fig. C3**):

Fig. C3 – Cargas típicas máximas permitidas conectadas a un distribuidor de BT

Sistema		Se supone máx. corriente permitida por servicio al consumidor	kVA
120 voltios	monofásico de 2 hilos	60 A	7.2
120/240V	monofásico de 3 hilos	60 A	14.4
120/208V	trifásico de 4 hilos	60 A	22
220/380V	trifásico de 4 hilos	120 A	80
230/400V	trifásico de 4 hilos	120 A	83
240/415V	trifásico de 4 hilos	120 A	86

Las prácticas varían considerablemente de una organización de suministro de energía a otra y no se pueden dar valores "estandarizados".

Los factores a considerar incluyen:

- El tamaño de una red de distribución existente a la que se conectará la nueva carga.
- La carga total ya conectada a la red de distribución.
- La ubicación a lo largo de la red de distribución de la nueva carga propuesta, es decir, cerca de la subestación o cerca del extremo remoto de la red de distribución, etc.

En definitiva, cada caso debe examinarse individualmente.

Los niveles de carga enumerados anteriormente son adecuados para todos los consumidores residenciales normales y serán suficientes para las instalaciones de muchos edificios administrativos, comerciales y similares.

Consumidores industriales medianos y pequeños (con líneas dedicadas de BT directamente desde una subestación de MT/BT de suministro de servicios públicos)

Los consumidores industriales medianos y pequeños también pueden abastecerse satisfactoriamente con baja tensión.

Para cargas que exceden el límite máximo permitido para un servicio de un distribuidor, generalmente se puede proporcionar un cable dedicado desde el tablero de fusibles (o interruptores) de distribución de BT en la subestación de la empresa de energía eléctrica.

Generalmente, el límite de carga superior que se puede suministrar por este medio está restringido únicamente por la capacidad de transformador de repuesto disponible en la subestación.

Sin embargo, en la práctica:

- Las cargas grandes (p. ej. > 300 kVA) requieren cables correspondientemente grandes, por lo que, a menos que el centro de carga esté cerca de la subestación, este método puede resultar económicamente desfavorable.
- Muchas empresas de servicios públicos prefieren suministrar cargas superiores a 200 kVA (esta cifra varía según los diferentes proveedores) en media tensión.

Por estas razones, generalmente se aplican líneas de suministro dedicadas en BT (de 220/380 V a 240/415 V) para un rango de carga de 80 kVA a 250 kVA.

Los consumidores normalmente alimentados en baja tensión incluyen:

- Viviendas residenciales
- Tiendas y edificios comerciales.
- Pequeñas fábricas, talleres y estaciones de servicio.
- Restaurantes
- Granjas, etc.

Notas

1. Los valores de la **Figura C3** que se muestran son solo indicativos y se basan (arbitrariamente) en corrientes de servicio máximas de 60 A para los primeros tres sistemas, ya que se permiten caídas de voltaje más pequeñas en estos voltajes más bajos, para un límite legal porcentual determinado. El segundo grupo de sistemas se basa (nuevamente, de forma arbitraria) en una corriente de servicio máxima permitida de 120 A.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Redes de distribución de baja tensión

En ciudades y pueblos grandes, los cables de distribución de BT estandarizados forman una red a través de cajas de enlace. Se eliminan algunos enlaces, de modo que cada distribuidor (fusionado) que sale de una subestación forma un sistema radial ramificado de extremos abiertos, como se muestra en la **Figura C4**.

En los países europeos, el nivel de voltaje de distribución trifásico estándar de 4 cables es 230/400 V. Muchos países están convirtiendo actualmente sus sistemas de BT al último estándar IEC de 230/400 V nominal (IEC 60038). Las ciudades de tamaño mediano y grande cuentan con sistemas de distribución de cables subterráneos.

Las subestaciones de distribución de MT/BT, espaciadas entre sí a aproximadamente 500-600 metros, suelen estar equipadas con:

- Un cuadro de distribución de MT de 3 o 4 vías, a menudo compuesto por interruptores-seccionadores de carga entrantes y salientes que forman parte de un anillo principal, y uno o dos disyuntores de MT o interruptores-seccionadores de carga/fusibles combinados para los circuitos del transformador.
- Uno o dos transformadores MT/BT de 1.000 kVA
- Uno o dos tableros de fusibles de distribución de 4 hilos, trifásicos de baja tensión de 6 u 8 vías (acoplados), o tableros de disyuntores de caja moldeada, controlan y protegen los cables de distribución salientes de 4 núcleos, generalmente denominados “distribuidores”.

La salida de un transformador se conecta a las barras de BT mediante un interruptor-seccionador o simplemente mediante enlaces aislantes.

En áreas densamente cargadas, se coloca un tamaño estándar de distribuidor para formar una red, con (generalmente) un cable a lo largo de cada acera y cajas de enlace de 4 vías ubicadas en bocas de registro en las esquinas de las calles, donde se cruzan dos cables.

Las tendencias recientes apuntan hacia gabinetes resistentes a la intemperie sobre el nivel del suelo, ya sea contra una pared o, cuando sea posible, empotrados en la pared.

Los enlaces se insertan de tal manera que los distribuidores formen circuitos radiales desde la subestación con ramas abiertas (ver **Fig. C4**). Cuando una caja de enlace une un distribuidor de una subestación con el de una subestación vecina, los enlaces de fase se omiten o se reemplazan por fusibles, pero el enlace neutro permanece en su lugar.

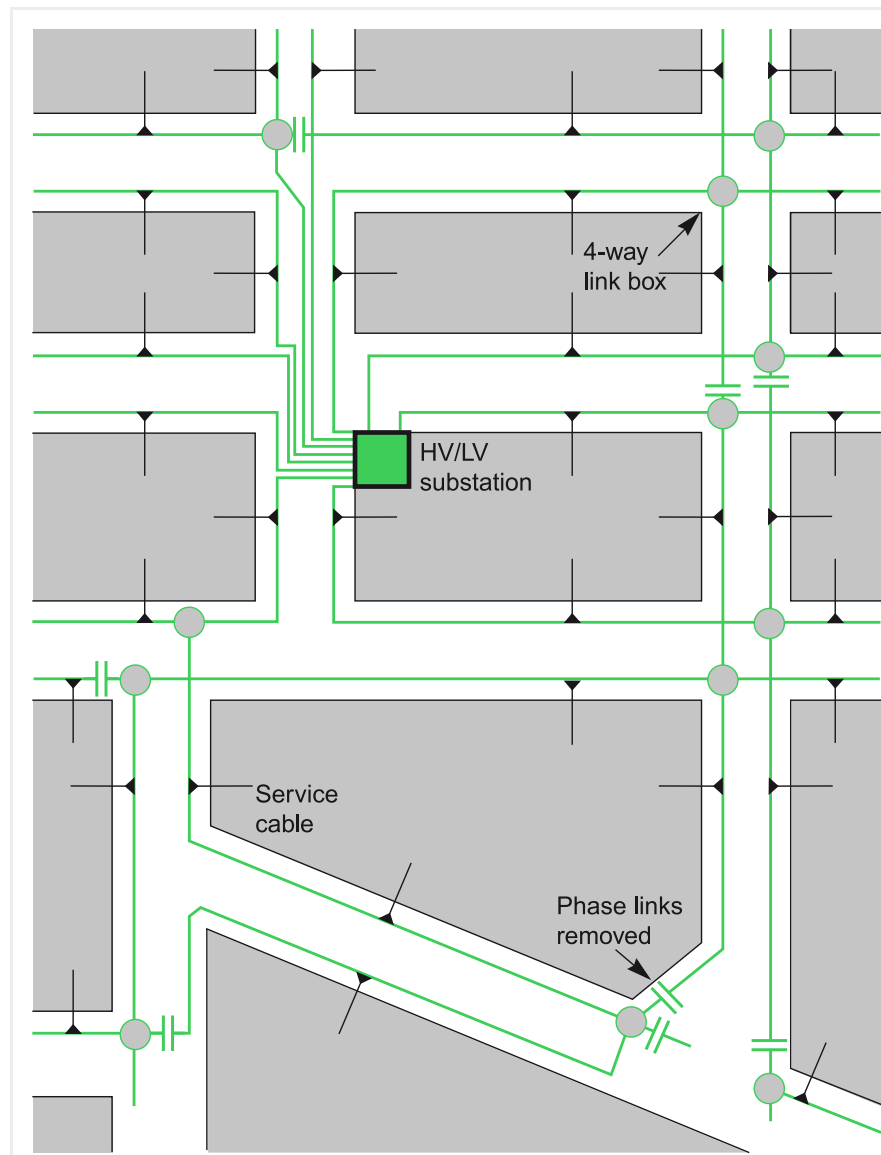


Fig. C4 : muestra una de varias formas en las que se puede organizar una red de distribución de BT para funcionamiento con distribuidor ramificado radial, eliminando enlaces (fase)

Esta disposición proporciona un sistema muy flexible en el que se puede poner fuera de servicio una subestación completa, mientras que el área normalmente abastecida desde ella se alimenta desde las cajas de enlace de las subestaciones circundantes.

Además, se pueden aislar tramos cortos de distribuidor (entre dos cajas de enlace) para localizar fallos y repararlos.

Cuando la densidad de carga lo requiere, las subestaciones están más juntas y en ocasiones son necesarios transformadores de hasta 1.500 kVA.

En zonas urbanas menos densamente cargadas se suele utilizar un sistema más económico de distribución radial cónica, en el que se instalan conductores de tamaño reducido a medida que aumenta la distancia desde una subestación.

Otras formas de red urbana de BT, basadas en pilares de distribución de BT exentos, colocados sobre el suelo en puntos estratégicos de la red, se utilizan ampliamente en zonas de menor densidad de carga. Este esquema explota el principio de los distribuidores radiales cónicos en los que el tamaño del conductor del cable de distribución se reduce a medida que el número de consumidores aguas abajo disminuye con la distancia desde la subestación.

En este esquema, una serie de alimentadores radiales de BT de gran sección desde el cuadro de distribución de la subestación alimentan las barras colectoras de un pilar de distribución, desde donde los distribuidores más pequeños abastecen a los consumidores que rodean el pilar.

La distribución en ciudades comerciales, pueblos y zonas rurales generalmente se ha basado, durante muchos años, en conductores de cobre desnudos sostenidos sobre postes de madera, hormigón o acero, y alimentados desde transformadores montados en postes o en tierra.

Los métodos mejorados que utilizan conductores trenzados aislados para formar un cable aéreo montado en un poste son ahora una práctica estándar en muchos países.

En los últimos años, se han desarrollado conductores aislados de BT, trenzados para formar un cable autoportante de dos o cuatro núcleos para uso aéreo, y se consideran más seguros y visualmente más aceptables que las líneas de cobre desnudo.

Esto es particularmente cierto cuando los conductores están fijados a paredes (por ejemplo, cableado debajo del alero) donde apenas se notan.

Como cuestión de interés, se han aplicado principios similares a voltajes más altos, y ahora se encuentran disponibles conductores aislados “agrupados” autoportantes para instalaciones aéreas de MT para operación a 24 kV.

Cuando más de una subestación abastece a un pueblo, se hacen arreglos en los postes en los que se encuentran las líneas de BT de diferentes subestaciones, para interconectar las fases correspondientes.

En Europa, cada subestación de distribución de suministro de servicios públicos es capaz de suministrar en BT un área correspondiente a un radio de aproximadamente 300 metros desde la subestación.

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

La práctica en América del Norte y Central difiere fundamentalmente de la de Europa en que las redes de BT son prácticamente inexistentes y el suministro trifásico a locales en zonas residenciales es raro.

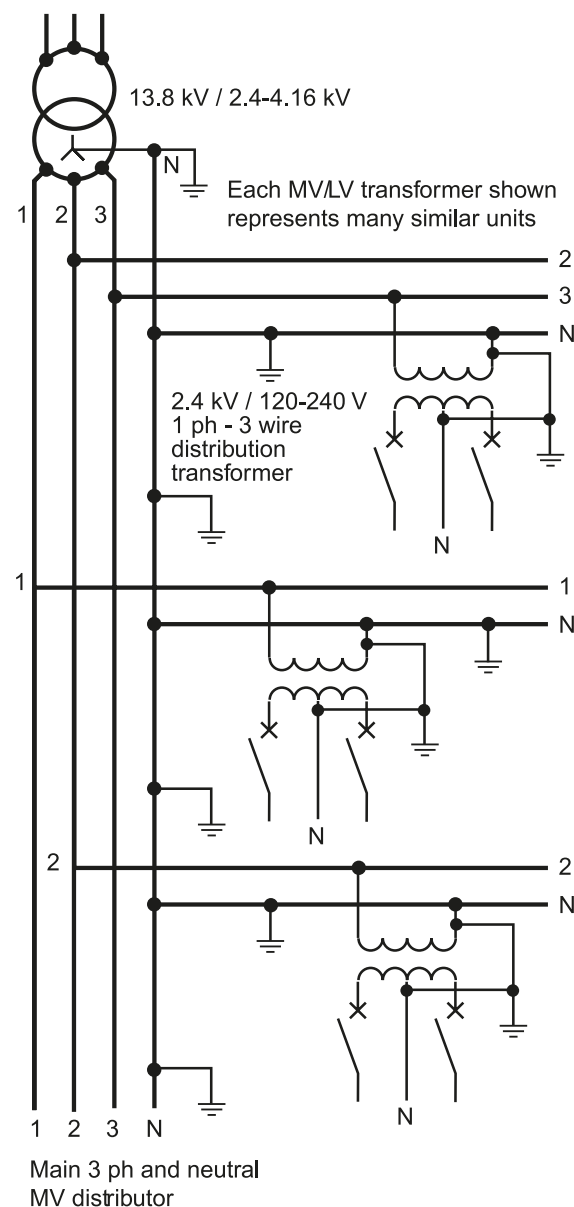
La distribución se realiza efectivamente en media tensión, lo que también difiere de las prácticas europeas estándar. El sistema de MT es, en realidad, un sistema trifásico de 4 hilos desde el cual las redes de distribución monofásicas (conductores fase y neutro) alimentan numerosos transformadores monofásicos, cuyos devanados secundarios están centralizados para producir 120/240 V alimentaciones monofásicas de 3 hilos.

Los conductores centrales proporcionan los neutros de BT que, junto con los conductores neutros de MT, están sólidamente conectados a tierra a intervalos a lo largo de su longitud.

Cada transformador MT/BT normalmente alimenta una o varias instalaciones directamente desde la posición del transformador mediante cable(s) de servicio radial o mediante línea(s) aéreas.

En estos países existen muchos otros sistemas, pero el descrito parece ser el más común.

La Figura C5 muestra las características principales de los dos sistemas.



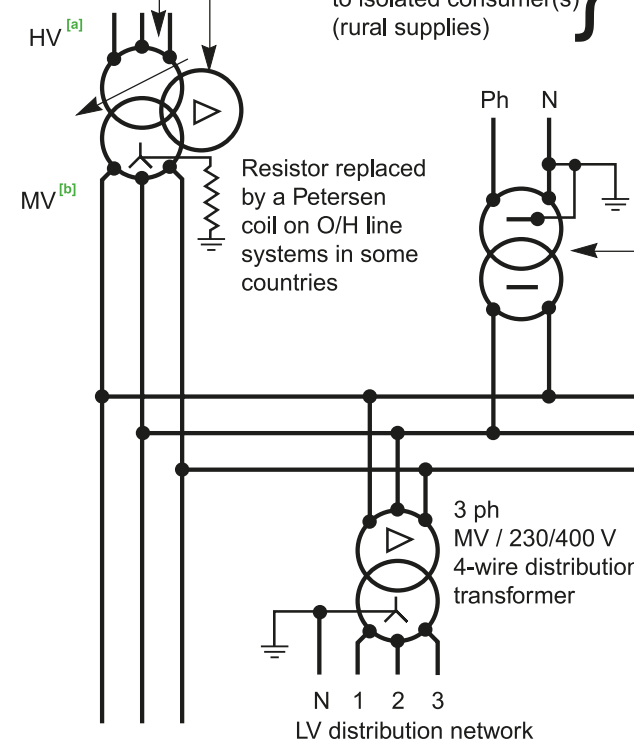
For primary voltages > 72.5 kV
(see note) primary
winding may be:

- Delta
- Earthed star
- Earthed zigzag

Depending on the country concerned

Tertiary delta normally
(not always) used if the
primary winding is not delta

1 ph MV / 230 V
service transformer
to isolated consumer(s)
(rural supplies)



^[a] 132 kV for example

^[b] 11 kV for example

Note: At primary voltages greater than 72.5 kV in bulk-supply substations, it is common practice in some European countries to use an earthed-star primary winding and a delta secondary winding. The neutral point on the secondary side is then provided by a zigzag earthing reactor, the star point of which is connected to earth through a resistor. Frequently, the earthing reactor has a secondary winding to provide LV 3-phase supplies for the substation. It is then referred to as an "earthing transformer".

Fig. C5 – Sistemas de tipo americano y europeo ampliamente utilizados

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.

La conexión consumidor-servicio

Anteriormente, los componentes de servicio y los equipos de medición se instalaban dentro del edificio de un consumidor. La tendencia moderna es ubicar estos artículos afuera en un gabinete resistente a la intemperie.

En el pasado, un servicio de cable subterráneo o los conductores aislados montados en la pared de un servicio de línea aérea, invariablemente terminaban dentro de las instalaciones del consumidor, donde se instalaban la caja de sellado de los extremos del cable, los fusibles de la red pública (inaccesibles para el consumidor) y los medidores.

Una tendencia más reciente es (en la medida de lo posible) ubicar estos componentes de servicio en una carcasa resistente a la intemperie fuera del edificio.

La interfaz de servicio público/consumidor suele estar en los terminales de salida de los medidores o, en algunos casos, en los terminales de salida del disyuntor principal de instalación (dependiendo de las prácticas locales) al cual el personal de servicio público realiza la conexión, siguiendo una prueba e inspección satisfactorias de la instalación.

En la Figura C6 se muestra una disposición típica .

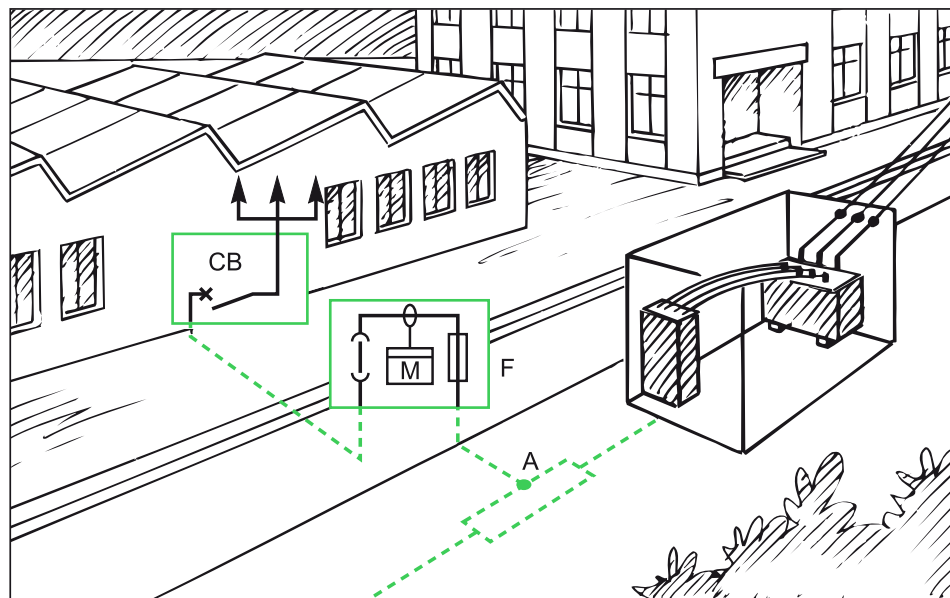


Fig. C6 – Disposición de servicio típica para sistemas TT puestos a tierra

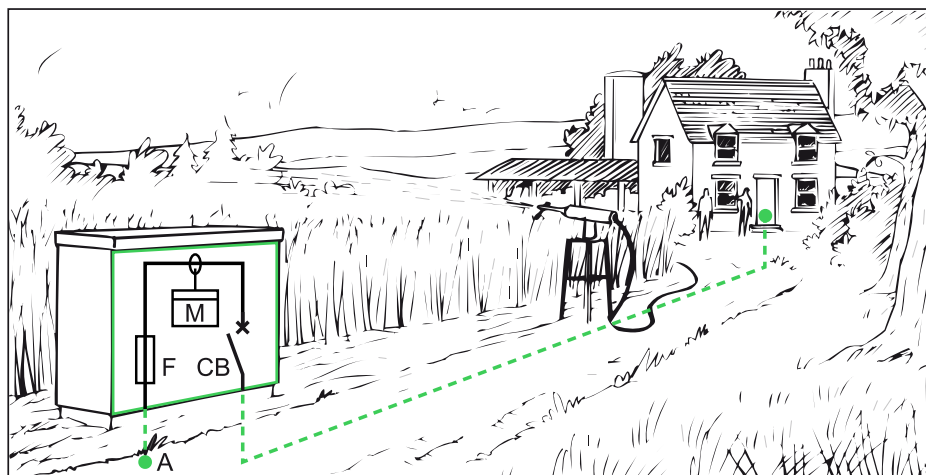
Los consumidores de BT normalmente se alimentan según el sistema TN o TT, como se describe en los capítulos [Distribución de BT](#) y [Protección contra descargas eléctricas e incendios eléctricos](#) . El disyuntor principal de instalación para una alimentación TT debe incluir un dispositivo de protección diferencial contra corriente residual. Para un servicio TN, se requiere protección contra sobrecorriente mediante disyuntor o interruptor-fusible.

Es obligatorio disponer en el origen de cualquier instalación de BT que forme parte de un sistema de puesta a tierra TT de un MCCB -disyuntor de caja moldeada- que incorpore un elemento de protección sensible de defecto a tierra por corriente residual. El motivo de esta característica y los niveles de disparo de corriente de fuga relacionados se analizan en [Implementación del sistema TT](#) .

Otra razón para este MCCB es que el consumidor no puede exceder su carga máxima declarada (contractual), ya que el ajuste de disparo por sobrecarga, que está sellado por la autoridad de suministro, cortará el suministro por encima del valor declarado. El cierre y disparo del MCCB está a libre disposición del consumidor, de modo que si el MCCB se dispara inadvertidamente por sobrecarga o debido a un fallo del aparato, el suministro se puede restablecer rápidamente tras la corrección de la anomalía.

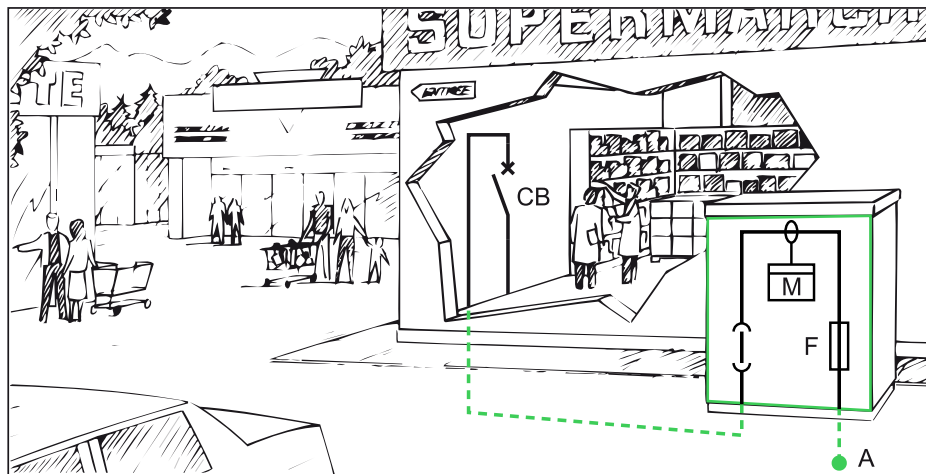
Ante las molestias tanto para el lector como para el consumidor, la ubicación de los contadores hoy en día es generalmente fuera del local, ya sea:

- En una carcasa independiente tipo pilar como se muestra en **las Figuras C7 y C8**



En este tipo de instalación suele ser necesario colocar el disyuntor de la instalación principal a cierta distancia del punto de utilización, por ejemplo aserraderos, estaciones de bombeo, etc.

Fig. C7 – Instalación típica de tipo rural



El CB de la instalación principal se ubica en las instalaciones del consumidor en los casos en que esté programado para dispararse si se excede la demanda de carga de kVA declarada.

Fig. C8 – Instalaciones semiurbanas (zonas comerciales, etc.)

- En un espacio dentro de un edificio, pero con terminación de cables y fusibles de la autoridad de suministro ubicados en un gabinete impermeable empotrado y accesible desde la vía pública, como se muestra en la **Figura C9**.



El cable de servicio termina en un armario de pared empotrado que contiene los cartuchos fusibles de aislamiento, accesible desde la vía pública. Se prefiere este método por razones estéticas, cuando el consumidor puede proporcionar una ubicación adecuada de medición y del interruptor principal.

Fig. C9 – Instalaciones del centro de la ciudad

- Para consumidores residenciales privados, el equipo que se muestra en el gabinete de **la Figura C6** se instala en un gabinete resistente a la intemperie montado verticalmente sobre un marco metálico en el jardín delantero, o empotrado en la pared delimitadora, y accesible al personal autorizado desde el pavimento. **La Figura C10** muestra la disposición general, en la que los cartuchos fusibles extraíbles proporcionan el medio de aislamiento.

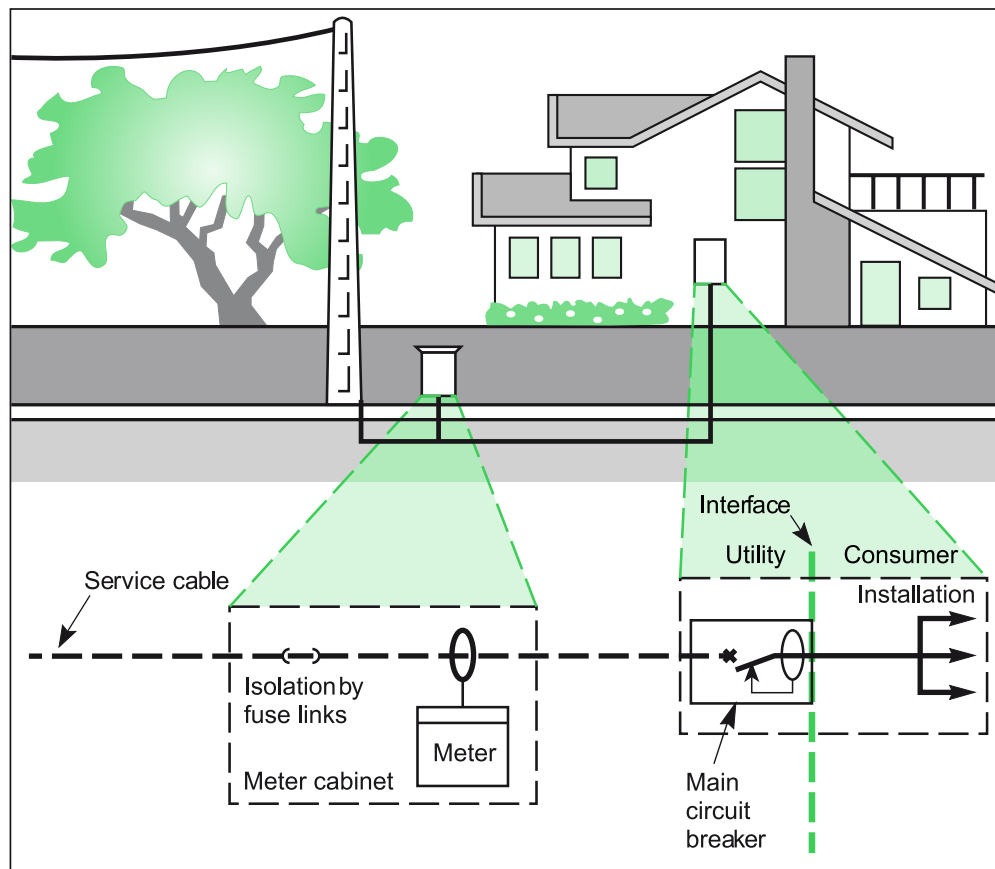


Fig. C10 – Disposición típica del servicio de BT para consumidores residenciales

En el campo de la medición electrónica, se han desarrollado técnicas que hacen que su uso sea atractivo para las empresas de servicios públicos, ya sea para la medición de electricidad o para fines de facturación, ya que la liberalización del mercado de la electricidad ha aumentado la necesidad de recopilar más datos de los medidores. Por ejemplo, la medición electrónica también puede ayudar a las empresas de servicios públicos a comprender los perfiles de consumo de sus clientes. Del mismo modo, serán útiles para cada vez más aplicaciones de comunicación por línea eléctrica y de radiofrecuencia.

En este ámbito también se utilizan cada vez más sistemas de prepago cuando están económicamente justificados. Se basan en el hecho de que, por ejemplo, los consumidores que realizan su pago en las estaciones de venta generan tokens para transmitir la información relativa a este pago a los contadores. Para estos sistemas, las cuestiones clave son la seguridad y la interoperabilidad, que ahora parecen haberse abordado con éxito. El atractivo de estos sistemas se debe a que no sólo reemplazan a los medidores sino también a los sistemas de facturación, lectura de medidores y administración de la recaudación de ingresos.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Calidad de la tensión de alimentación

Un nivel adecuado de voltaje en las terminales de servicio de suministro de los consumidores es esencial para el funcionamiento satisfactorio de los equipos y aparatos. Los valores prácticos de corriente y las caídas de tensión resultantes en un sistema de baja tensión típico muestran la importancia de mantener un factor de potencia alto como medio para reducir la caída de tensión.

La calidad de la tensión de alimentación de la red de BT en su sentido más amplio implica:

- Cumplimiento de los límites legales de magnitud y frecuencia
- Libertad de fluctuaciones continuas dentro de esos límites.
- Suministro eléctrico ininterrumpido, excepto en caso de paradas programadas por mantenimiento, o como resultado de fallas del sistema u otras emergencias.
- Preservación de una forma de onda casi sinusoidal.

En esta Subcláusula únicamente se discutirá el mantenimiento de la magnitud del voltaje.

En la mayoría de los países, las autoridades de suministro de energía tienen la obligación legal de mantener el nivel de voltaje en la posición de servicio de los consumidores dentro de los límites de $\pm 5\%$ (o en algunos casos $\pm 6\%$ o más; consulte la tabla C1) del voltaje nominal declarado. valor.

Nuevamente, IEC y la mayoría de las normas nacionales recomiendan que los aparatos de BT se diseñen y prueben para funcionar satisfactoriamente dentro de los límites de $\pm 10\%$ del voltaje nominal. Esto deja un margen, en las peores condiciones (de menos 5% en la posición de servicio, por ejemplo) de una caída de tensión admisible del 5% en el cableado de la instalación.

Las caídas de tensión en un sistema de distribución típico se producen de la siguiente manera: la tensión en los terminales de MT de un transformador de MT/BT se mantiene normalmente dentro de una banda de $\pm 2\%$ mediante la acción de cambiadores de tomas en carga automáticos de los transformadores en las subestaciones de suministro a granel, que alimentan la red de MT desde un sistema de subtransmisión de mayor tensión.

Si el transformador MT/BT está en una ubicación cercana a una subestación de suministro a granel, la banda de voltaje de $\pm 2\%$ puede centrarse en un nivel de voltaje que sea superior al valor nominal de MT. Por ejemplo, el voltaje podría ser de $20,5 \text{ kV} \pm 2\%$ en un sistema de 20 kV. En este caso, el transformador de distribución MT/BT debe tener su interruptor de toma de apagado de MT seleccionado en la posición de toma + 2,5%.

Por el contrario, en ubicaciones alejadas de las subestaciones de suministro masivo es posible un valor de $19,5 \text{ kV} \pm 2\%$, en cuyo caso el interruptor de toma fuera de circuito debe seleccionarse en la posición - 2,5%.

Los diferentes niveles de voltaje en un sistema son normales y dependen del patrón de flujo de energía del sistema. Además, estas diferencias de voltaje son la razón del término "nominal" cuando se hace referencia al voltaje del sistema.

Aplicación práctica

Con el transformador MT/BT seleccionado correctamente en su interruptor de toma fuera de circuito, la tensión de salida del transformador sin carga se mantendrá dentro de una banda de $\pm 2\%$ de su salida de tensión sin carga.

Para garantizar que el transformador pueda mantener el nivel de voltaje necesario cuando está completamente cargado, el voltaje de salida sin carga debe ser lo más alto posible sin exceder el límite superior de + 5% (adoptado para este ejemplo). En la práctica actual, las relaciones de devanado generalmente dan un voltaje de salida de aproximadamente 104% sin carga ^[1], cuando el voltaje nominal se aplica en MV, o se corrige mediante el interruptor de toma, como se describió anteriormente. Esto daría lugar en el presente caso a una banda de tensión del 102 % al 106 %.

Un transformador de distribución de BT típico tiene una tensión de reactancia de cortocircuito del 5%. Si se supone que su tensión de resistencia es una décima parte de este valor, entonces la caída de tensión dentro del transformador cuando se suministra a plena carga con un factor de potencia en atraso de 0,8 será:

$$V\% \text{ caída} = R\% \cos \phi + X\% \sin \phi$$

$$= 0,5 \times 0,8 + 5 \times 0,6$$

$$= 0,4 + 3 = 3,4\%$$

Por tanto, la banda de tensión en los terminales de salida del transformador completamente cargado será $(102 - 3,4) = 98,6\%$ a $(106 - 3,4) = 102,6\%$.

Por tanto, la caída de tensión máxima permitida a lo largo de un distribuidor es $98,6 - 95 = 3,6\%$.

Esto significa, en términos prácticos, que un cable de distribución de tamaño mediano, trifásico de 4 hilos, 230/400 V, con conductores de cobre de 240 mm², ^{podría} suministrar una carga total de 292 kVA con un revestimiento de 0,8 PF, distribuida uniformemente en 306 Metros del distribuidor. Alternativamente, la misma carga en las instalaciones de un único consumidor podría alimentarse a una distancia de 153 metros del transformador, para la misma caída de tensión, y así sucesivamente...

Como cuestión de interés, la clasificación máxima del cable, basada en cálculos derivados de IEC 60287 (1982) es 290 kVA, por lo que el margen de voltaje del 3,6% no es excesivamente restrictivo, es decir, el cable se puede cargar completamente para distancias normalmente requeridas. en sistemas de distribución de BT.

Además, el revestimiento de 0,8 PF es apropiado para cargas industriales. En áreas semiindustriales mixtas, 0,85 es un valor más común, mientras que 0,9 se usa generalmente para cálculos relacionados con áreas residenciales, por lo que la caída de voltaje mencionada anteriormente puede considerarse como un ejemplo del "peor de los casos".

Notas

1. Los transformadores diseñados para el estándar IEC 230/400 V tendrán una salida sin carga de 420 V, es decir, el 105% de la tensión nominal.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.

Tarifa y medida de baja tensión

En esta guía no se intentará discutir tarifas particulares, ya que parece haber tantas estructuras tarifarias diferentes en todo el mundo como servicios públicos.

Algunas tarifas son muy complicadas en detalle, pero ciertos elementos son básicos para todas ellas y tienen como objetivo alentar a los consumidores a gestionar su consumo de energía de una manera que reduzca el costo de generación, transmisión y distribución.

Las dos formas predominantes en las que se puede reducir el costo de suministrar energía a los consumidores son:

- Reducción de pérdidas de potencia en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. En principio, las pérdidas más bajas en un sistema de energía se logran cuando todas las partes del sistema operan con un factor de potencia unitario.
- Reducción de la demanda máxima de energía, aumentando al mismo tiempo la demanda en los períodos de baja carga, explotando así más plenamente la planta generadora y minimizando la redundancia de la planta.

Reducción de pérdidas

Aunque la condición ideal señalada en la primera posibilidad mencionada anteriormente no puede realizarse en la práctica, muchas estructuras tarifarias se basan en parte en la demanda de kVA, así como en los kWh consumidos. Dado que, para una carga de kW determinada, el valor mínimo de kVA ocurre con un factor de potencia unitario, el consumidor puede minimizar los costos de facturación tomando medidas para mejorar el factor de potencia de la carga (como se analiza en el Capítulo [Corrección del factor de potencia](#)). La demanda de kVA generalmente utilizada a efectos tarifarios es la demanda media máxima de kVA que se

produce durante cada periodo de facturación, y se basa en la demanda media de kVA, en periodos fijos (generalmente periodos de 10, 30 o 60 minutos) y seleccionando el mayor de estos valores. El principio se describe a continuación en “Principio de medición de demanda máxima de kVA”.

Reducción de la demanda máxima de energía

El segundo objetivo, es decir, el de reducir las demandas máximas de energía, al tiempo que se aumenta la demanda en los periodos de baja carga, ha dado lugar a tarifas que ofrecen una reducción sustancial del coste de la energía a:

- Ciertas horas durante el día de 24 horas.
- Ciertos periodos del año.

El ejemplo más simple es el de un consumidor residencial con un calentador de agua de tipo almacenamiento (o calentador de espacio de tipo almacenamiento, etc.). El medidor tiene dos registros digitales, uno de los cuales funciona durante el día y el otro (conmutado por un temporizador) funciona durante la noche. Un contactor, accionado por el mismo temporizador, cierra el circuito del calentador de agua, cuyo consumo se indica en el registro al que se aplica la tarifa más económica. El calentador se puede encender y apagar en cualquier momento durante el día si es necesario, pero luego se medirá a la velocidad normal. Los grandes consumidores industriales pueden tener 3 o 4 tarifas que se aplican en diferentes periodos durante un intervalo de 24 horas, y un número similar para diferentes periodos del año. En tales esquemas, la relación entre el costo por kWh durante un periodo de máxima demanda del año y el periodo de menor carga del año puede ser de hasta 10:1.

Metros

Se apreciará que se necesitan instrumentos y dispositivos de alta calidad para implementar este tipo de medición, cuando se utilizan equipos electromecánicos clásicos. Los recientes avances en medición electrónica y microprocesadores, junto con el control remoto ^[1] desde un centro de control de servicios públicos (para cambiar el horario de los periodos pico a lo largo del año, etc.), ya están en funcionamiento y facilitan considerablemente la aplicación de los principios. discutido.

En la mayoría de los países, algunas tarifas, como se señaló anteriormente, 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 registrada por el medidor que se va a describir es, de hecho, una demanda promedio máxima (es decir, la más alta) de kVA registrada para períodos sucesivos durante el intervalo de facturación.

La Figura C11 muestra una curva típica de demanda de kVA durante un período de dos horas dividida en períodos sucesivos de 10 minutos. El medidor mide el valor promedio de kVA durante cada uno de estos períodos de 10 minutos.

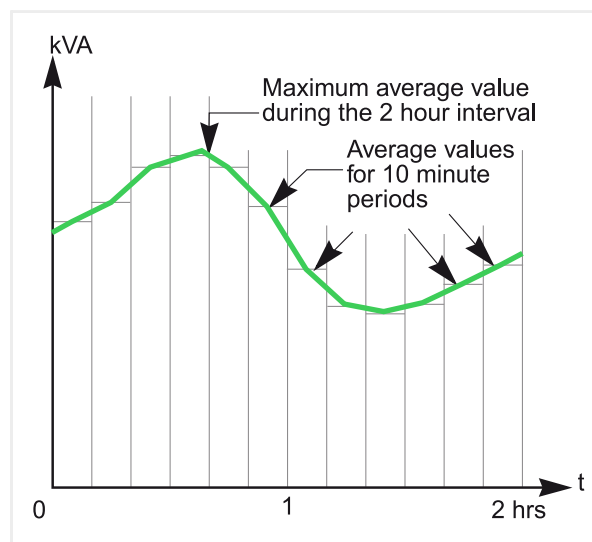


Fig. C11 – Valor medio máximo de kVA en un intervalo de 2 horas

Principio de medición de demanda máxima de kVA

Un medidor de kVAh es similar en todos los aspectos esenciales a un medidor de kWh, pero la relación de fase de corriente y voltaje se ha modificado para que mida efectivamente kVAh (kilovoltios-amperios-hora). Además, en lugar de tener un conjunto de contadores de décadas, como en el caso de un medidor de kWh convencional, este instrumento tiene un puntero giratorio. Cuando el puntero gira, mide kVAh y empuja un

indicador rojo delante. Al final de los 10 minutos, el puntero se habrá movido parcialmente alrededor del dial (está diseñado para que nunca pueda completar una revolución en 10 minutos) y luego se reinicia eléctricamente a la posición cero, para comenzar otro período de 10 minutos. El indicador rojo permanece en la posición alcanzada por el puntero de medición, y esa posición corresponde al número de kVAh (kilovoltios-amperios-hora) tomados por la carga en 10 minutos. En lugar de que el dial esté marcado en kVAh en ese punto, se puede marcar en unidades de kVA promedio. Las siguientes figuras aclararán el asunto.

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

Si ahora se dividen los 5 kVAh por el número de horas, se obtiene el promedio de kVA del periodo.

En este caso los kVA medios del periodo serán:

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

Cada punto alrededor del dial estará marcado de manera similar, es decir, la cifra de kVA promedio será 6 veces mayor que el valor de kVAh en cualquier punto dado. Se puede aplicar un razonamiento similar a cualquier otro intervalo de tiempo de reinicio.

Al final del período de facturación, el indicador rojo estará en el máximo de todos los valores medios ocurridos en el período de facturación.

El indicador rojo se restablecerá a cero al comienzo de cada período de facturación. Los contadores electromecánicos del tipo descrito están siendo sustituidos 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.

Notas

1. El control de ondulación es un sistema de señalización en el que se inyecta una corriente de frecuencia de voz (comúnmente a 175 Hz) en la red eléctrica de BT en las subestaciones apropiadas. La señal se inyecta como impulsos codificados y los relés que están sintonizados con la frecuencia de la señal y que reconocen el código particular funcionarán para iniciar una función requerida. De esta manera, están disponibles hasta 960 señales de control discretas.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.