

Punto de defecto 2:

Corriente alterna de cortocircuito  $I_{km}$  en 1 pol

$$I_{km \text{ en 1 pol}} = \frac{1,3 \cdot 0,95 \cdot 0,4 \text{ kV}}{0,0926512} = 7,096 \text{ kA}$$

Punto de defecto 3:

Corriente alterna de cortocircuito  $I_{km}$  en 1 pol

$$I_{km \text{ en 1 pol}} = \frac{1,3 \cdot 0,95 \cdot 0,4 \text{ kV}}{0,1578212} = 4,17 \text{ kA}$$

Estas corrientes sólo se tienen que considerar en el dimensionamiento de los dispositivos de protección.

### 1.3.2. Impedancia de los medios de servicio

Para calcular las corrientes simétricas y asimétricas de los diferentes tipos de cortocircuito, es preciso conocer los valores de la impedancia de los distintos medios de servicio. Dichos valores se pueden determinar partiendo de los datos característicos de los medios de servicio, indicados por el fabricante. Si se desconocen dichos datos al efectuar la planificación, conviene aplicar valores empíricos. Para facilitar esta tarea se exponen a continuación las fórmulas más importantes para determinar los valores de impedancia partiendo de los datos característicos. Las tablas y los diagramas dan información sobre los valores medios de los datos característicos así como sobre las resistencias óhmicas referidas a la longitud y las reactancias inductivas de los medios de servicio.

Generadores síncronos

Reactancia inicial

$$X''_d = \frac{X''_d \cdot U_{NG}^2}{100\% \cdot S_{NG}} \text{ en } \Omega / \text{siendo:}$$

siendo

$S_{NG}$  la potencia nominal del generador, en MVA

$U_{NG}$  la tensión nominal del generador, en kV

$X''_d$  la reactancia inicial relativa, en % (reactancia subtransitoria)

$R_G \approx 0,05 \cdot X''_d$  en generadores con potencias nominales superiores a 100 MVA

$R_G \approx 0,07 \cdot X''_d$  en generadores con potencias nominales menores.

En las tablas 1.3./1 y 1.3./2 (véanse las páginas 93 y siguientes) se indican valores orientativos de los datos característicos de generadores.

Motores síncronos y máquinas de potencia reactiva

Los motores síncronos y las máquinas de potencia reactiva se tratan en el cálculo como los generadores síncronos.

Motores asíncronos

Los motores asíncronos se han de considerar según VDE 0102, parte 1, en donde también se indican valores orientativos.

Transformadores de dos arrollamientos

Resistencia óhmica

$$R_T = \frac{u_r \cdot U_{NT}^2}{100\% \cdot S_{NT}} \text{ en } \Omega / \text{fase}$$

Resistencia inductiva

$$\text{siendo: } X_l = \frac{u_x \cdot U_{NT}^2}{100\% \cdot S_{NT}} \text{ en } \Omega / \text{fase}$$

$S_{NT}$  la potencia nominal del transformador, en MVA

$U_{NT}$  la tensión nominal del transformador, en kV (valores en la posición media)

$u_r$  caída relativa de tensión óhmica, en %

$u_x$  caída relativa de tensión inductiva, en %

$u_k$  tensión relativa de cortocircuito, en %

$$u_k = \sqrt{u_r^2 + u_x^2}$$

En las tablas 1.3./3 y 1.3./4 (páginas 95 y siguientes) se indican valores orientativos de las magnitudes características de los transformadores. Partiendo de dichos valores es posible determinar las impedancias para servicio simétrico, que son iguales a las del sistema directo o inverso:

$$(Z_T = Z_{1T} = Z_{2T})$$

El cálculo de las impedancias homopolares de los transformadores que se precisan, por ejemplo, para determinar las corrientes de cortocircuito unipolar a tierra, es más complicado. La magnitud de dichas impedancias homopolares depende en gran medida del tipo de conexión y de la constitución de los transformadores.

Para transformadores en conexión Dy se ha medido:

En los de baja potencia  $R_{OT} \approx R_T$   
 $X_{OT} \approx (0,93 \text{ a } 1,0) X_T$

En los de alta potencia  $R_{OT} \approx R_T$   
 $X_{OT} \approx (0,85 \text{ a } 1,0) X_T$

Para los transformadores en conexión Yd se ha medido:

$R_{OT} \approx R_T$   
 $X_{OT} \approx (0,7 \text{ a } 0,9) X_T$

Las impedancias homopolares de los transformadores en conexión Yz o Dz son considerablemente menores que las impedancias directas. En la figura 1.3./8 (página 59) se indican los márgenes de dispersión de las relaciones  $R_0/R_1$ ,  $X_0/X_1$  y  $Z_0/Z_1$ , obtenidos por representación gráfica de los valores medidos.

Los transformadores en conexión Yy no tienen impedancias homopolares definidas. Los valores de la relación  $Z_0/Z_1$  están comprendidos en el margen de 7 a 24 y pueden alcanzar, en casos excepcionales, valores de 40 a 70. En la figura 1.3./10 se muestra una representación general. De ella se deduce que las impedancias homopolares de estos transformadores dependen en gran medida de la intensidad de la corriente, ya que se establece una saturación de las paredes de la cuba y de las partes constructivas de hierro. Si en una red se prevé una puesta a tierra activa del punto estrella, no se deben utilizar transformadores de este grupo de conexión. En otros casos se recomienda determinar las impedancias homopolares por medición.

Curva	a	b	c	d	e	f	g	h	i
$S_N$ en kVA	250	100	50	200	330	1250	1000	600	500

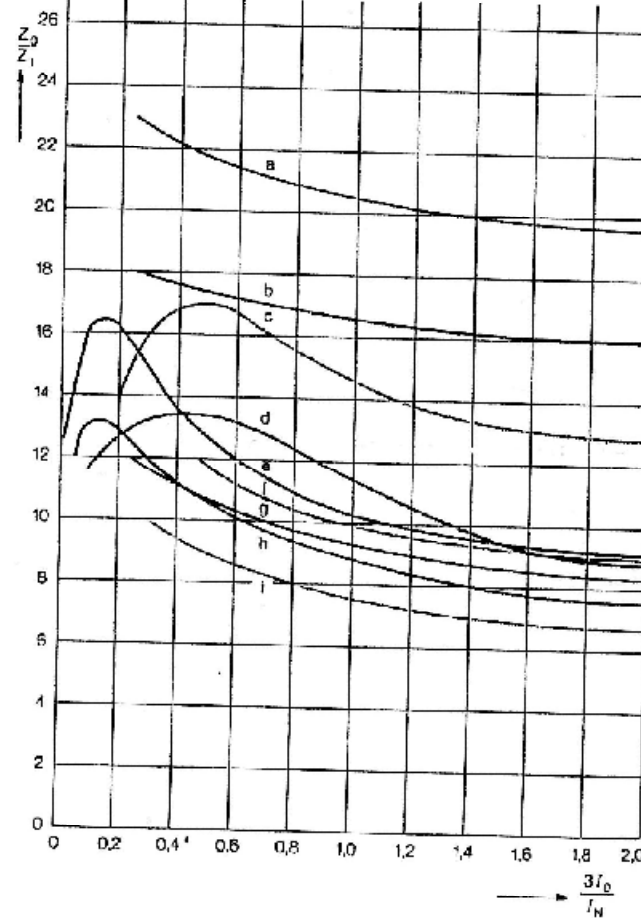


Figura 1.3./10 Relación de impedancias  $Z_0/Z_1$  para transformadores de alta tensión del grupo de conexión Yy 0, en función del cociente entre la intensidad de la corriente del punto estrella y la nominal ( $3I_0/I_N$ )  
 $Z_0$  impedancia homopolar;  $Z_1$  impedancia directa

Los transformadores con conexión Yyd, en los que el arrollamiento de compensación en triángulo está diseñado para 1/3 de la potencia de paso, tienen, según mediciones, valores de la relación  $Z_0/Z_1$  comprendidos entre 1,8 y 3,0. Los valores de la impedancia homopolar de transformadores con conexiones especiales (autotransformadores, transformadores con núcleo de cinco columnas, transformadores monofásicos, etc.) se han de consultar al fabricante.

### Transformadores de tres arrollamientos

Los valores de las impedancias correspondientes a la conexión estrella equivalente se pueden determinar para los sistemas directo e inverso partiendo de las magnitudes características del transformador. En la figura 1.3./11a se muestra la conexión simplificada y en la figura 1.3./11b la conexión estrella equivalente de un transformador de tres arrollamientos.

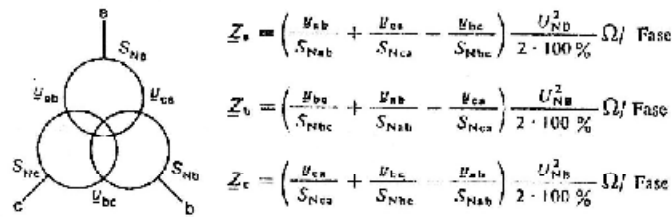


Figura 1.3./11a

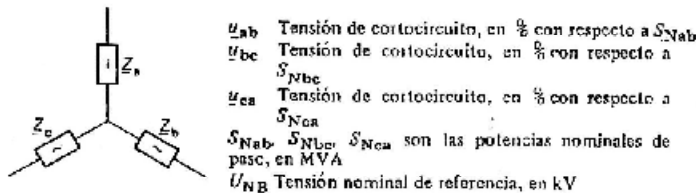


Figura 1.3./11b

Los valores de las impedancias homopolares se han de consultar al fabricante.

### Bobinas de reactancia

Resistencia inductiva

$$X_D = \frac{\Delta u_N \cdot U_{ND}}{100 \% \cdot \sqrt{3} \cdot I_{ND}} = \frac{\Delta u_N \cdot U_{ND}^2}{100 \% \cdot S_{ND}} \text{ en } \Omega / \text{siendo:}$$

- $U_{ND}$  la tensión nominal de la bobina de reactancia, en kV
- $\Delta u_N$  la caída relativa de la tensión nominal, en %
- $I_{ND}$  la intensidad nominal de la bobina de reactancia, en kA
- $S_{ND}$  la potencia nominal de la bobina de reactancia, en MVA

### Líneas aéreas

Para los cables de las líneas aéreas fabricados según DIN 48 201, 48 204 y 48 206 de cobre, aluminio, aldrei, aluminio-acero y aldrei-acero, se indican las resistencias óhmicas en las tablas 1.3./5 y 1.3./6 (páginas 97 y siguientes).

En la figura 1.3./12 se representan en un diagrama los valores medios de la resistencia inductiva.

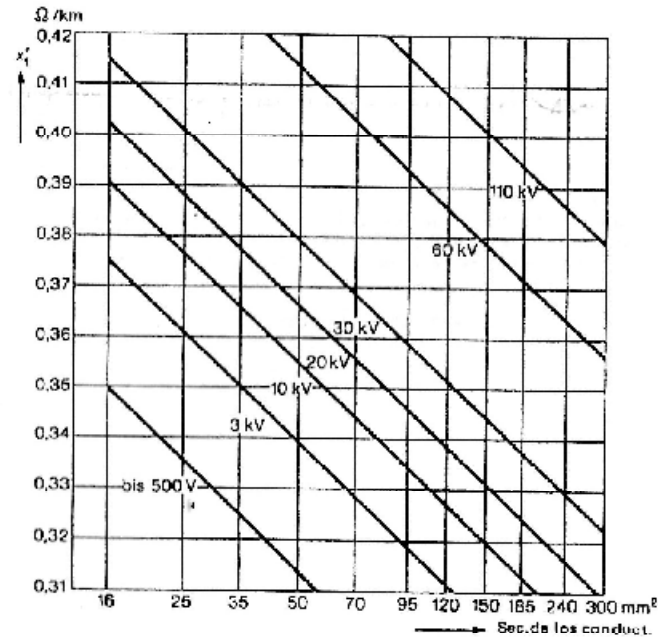


Figura 1.3./12 Valores medios de la resistencia inductiva  $x'_1$  de cada conductor, a  $f = 50$  Hz, para líneas aéreas trifásicas

Los valores medios de la resistencia inductiva homopolar se indican en la figura 1.3./13.

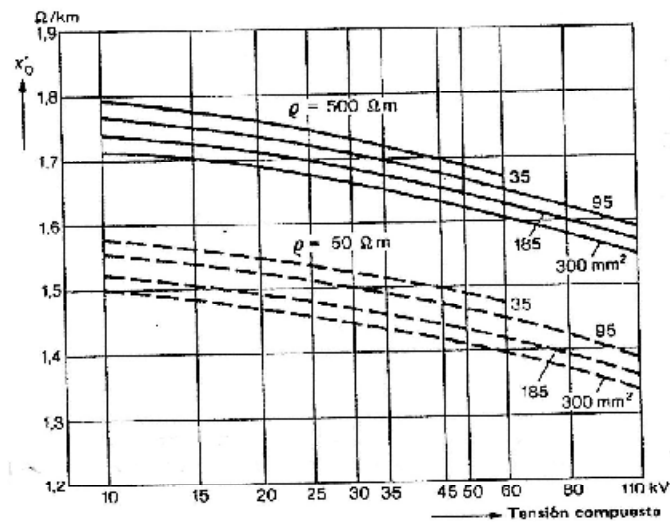


Figura 1.3./13 Valores medios de la resistencia inductiva homopolar  $x'_0$  de cada conductor, a  $f = 50 \text{ Hz}$ , para líneas aéreas trifásicas. Resistencia específica de la tierra:  $\rho = 500 \Omega \text{ m}$  (terreno seco);  $\rho = 50 \Omega \text{ m}$  (terreno húmedo)

### Cables

Los valores de la resistencia óhmica en corriente alterna y de la inductiva se pueden tomar del manual de Siemens-Dossat, S. A. "Cables y conductores para transporte de Energía". Si no se dispone de dicho libro, se pueden aplicar los valores de la resistencia en corriente continua.

De las figuras 1.3./14 y 1.3./15 se desprenden valores medios de las resistencias inductivas para los sistemas directo e inverso.

En los diagramas de las figuras 1.3./16 y 1.3./21 se indican valores medios de las resistencias homopolaras óhmicas e inductivas.

Valores medios de la resistencia inductiva  $x'_1$  de cada conductor, a  $f = 50 \text{ Hz}$

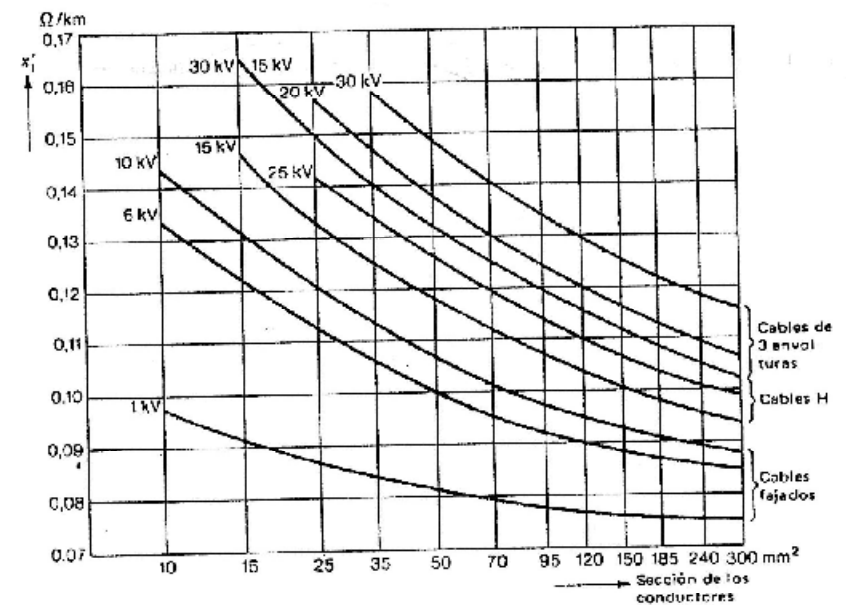


Figura 1.3./14 Cables para corriente trifásica de 1 a 30 kV

Valores medios de la resistencia inductiva  $x'_1$  de cada conductor, a  $f = 50$  Hz

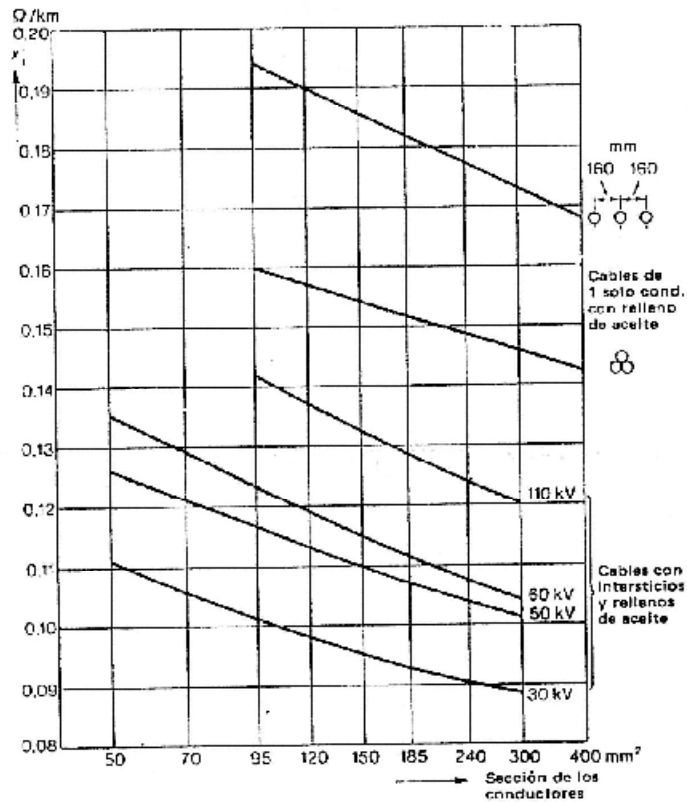


Figura 1.3/15 Cables para corriente trifásica de 30 a 110 kV

Valores medios de la resistencia óhmica homopolar ( $r'_0$ ) y de la resistencia inductiva homopolar ( $x'_0$ ) de cada conductor, a  $f = 50$  Hz, siendo la resistencia específica de la tierra  $\rho = 100 \Omega \text{ m}$

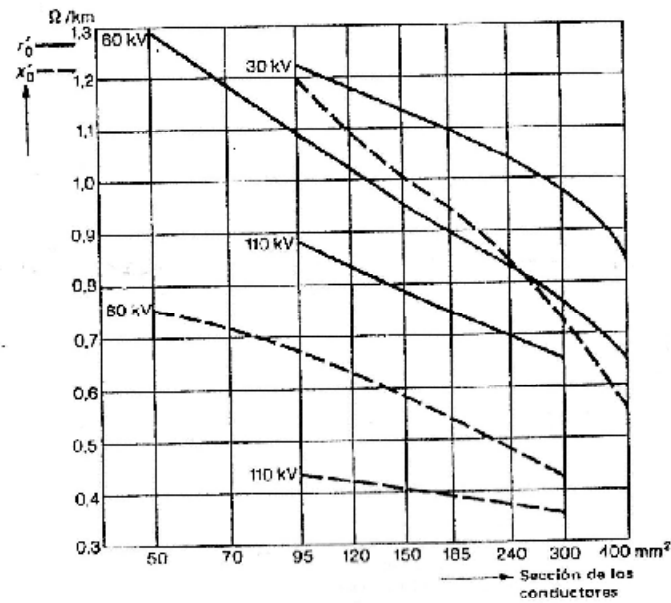


Figura 1.3/16 Cables de tres conductores con relleno de aceite para tensiones de 30 a 110 kV

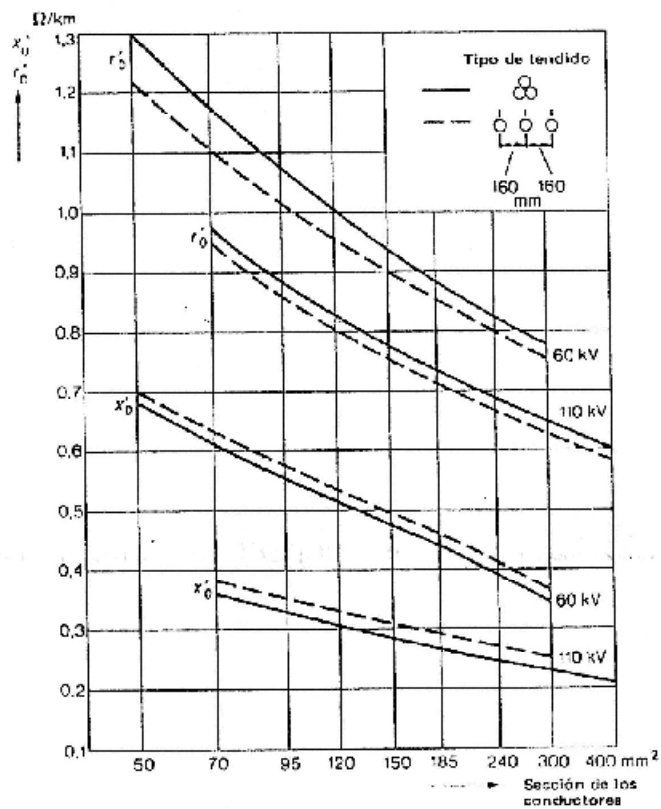


Figura 1.3./17 Cables de un solo conductor con relleno de aceite (sin armadura) para tensiones de 60 a 110 kV

Valores medios de la relación entre la resistencia óhmica del sistema homopolar y la del sistema directo, en cables de 4 conductores de 1 kV, por cada conductor, a 50 Hz

- $R_0$  sólo con el cuarto conductor de retorno, en  $\Omega$
- $R_{OM}$  el cuarto conductor y la envoltura del cable como conductores de retorno, en  $\Omega$
- $R_{OE}$  el cuarto conductor y la tierra como conductores de retorno, en  $\Omega$
- $R_{OME}$  el cuarto conductor, la envoltura del cable y la tierra como conductores de retorno, en  $\Omega$

Resistencia óhmica directa  $R_1$ , en  $\Omega$  por conductor  
Resistencia específica de la tierra  $\rho = 100 \Omega \cdot m$

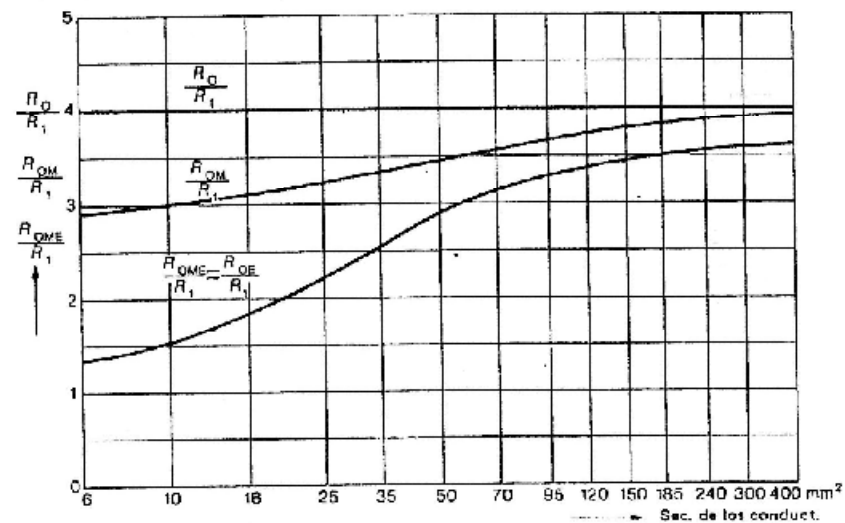


Figura 1.3./18 Cables con conductores de cobre (NKBA y Protodur)

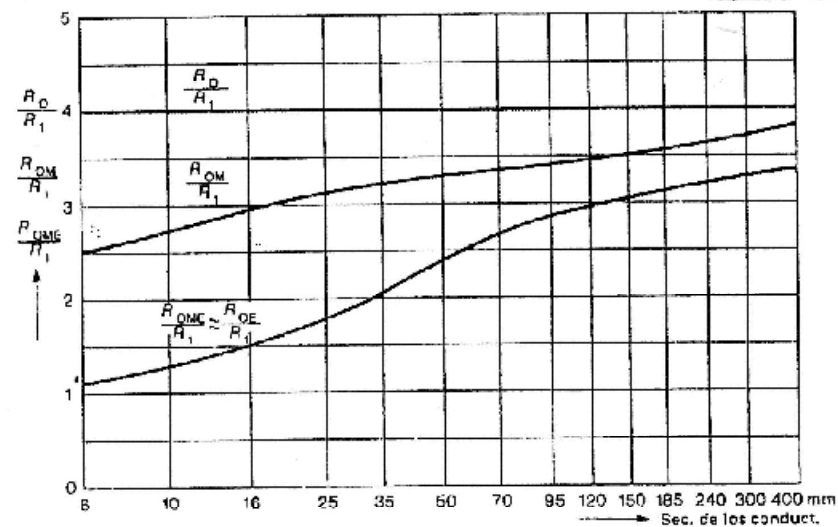


Figura 1.3./19 Cables con conductores de aluminio (NAKBA y Protodur)

Valores medios de la relación existente entre la resistencia inductiva del sistema homopolar y la del sistema directo, en cables de 4 conductores de 1 kV, por cada conductor, a 50 Hz

- $X_0$  sólo con el cuarto conductor de retorno, en  $\Omega$
- $X_{DM}$  el cuarto conductor y la envoltura del cable como conductores de retorno, en  $\Omega$
- $X_{OE}$  el cuarto conductor y la tierra como conductores de retorno, en  $\Omega$
- $X_{OME}$  el cuarto conductor, la envoltura del cable y la tierra como conductores de retorno, en  $\Omega$

Resistencia inductiva directa  $X_1$ , en  $\Omega$  por cada conductor  
 Resistencia específica de la tierra  $\rho = 100 \Omega \cdot m$

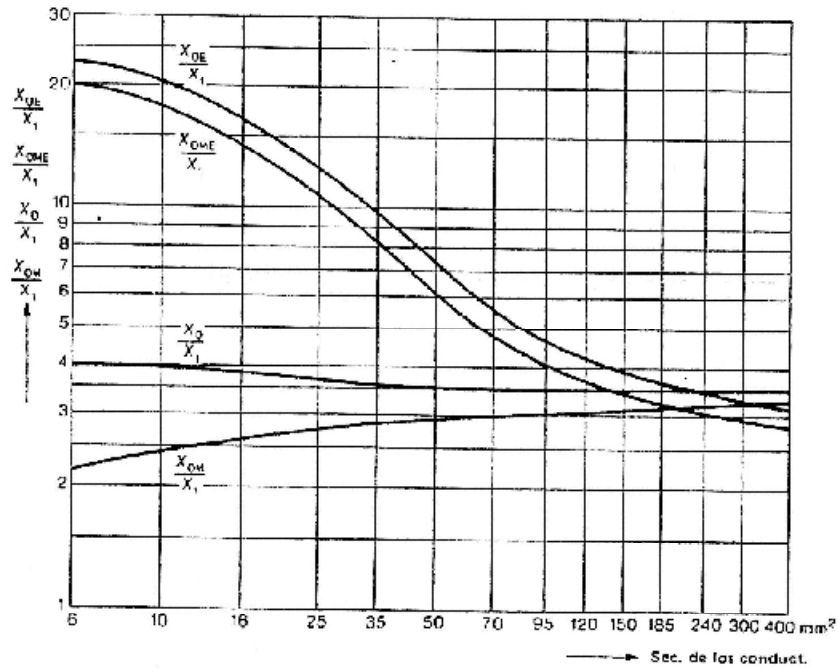


Figura 1.3/20 Cables con conductores de cobre (NKBA y Protodur)

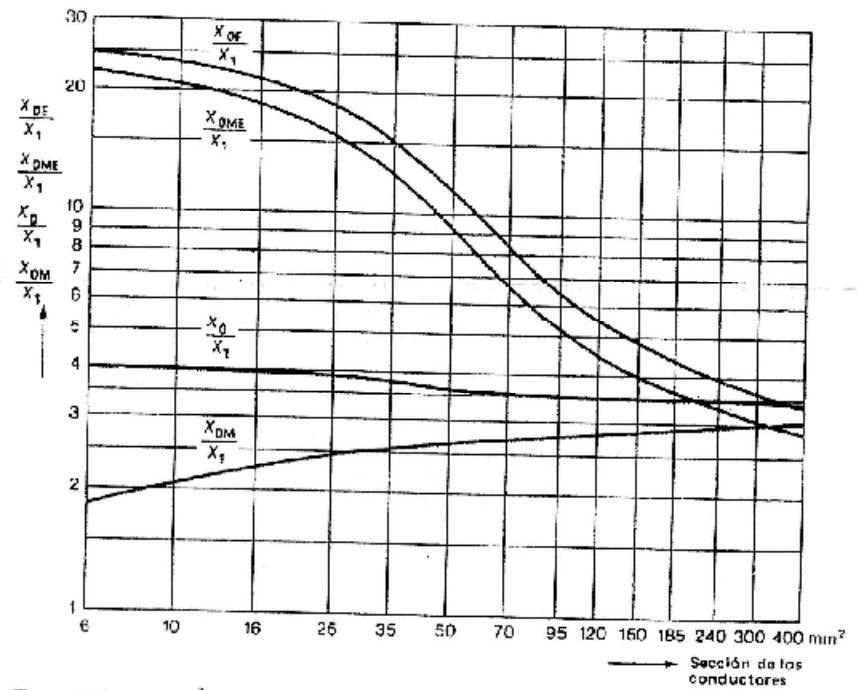


Figura 1.3/21 Cables con conductores de aluminio (NAKBA y Protodur)

### Baras de unión

Si la sección es grande, puede despreciarse la resistencia óhmica.

De la figura 1.3./22 pueden tomarse algunos valores medios de la resistencia inductiva de barras de unión (de sección rectangular).

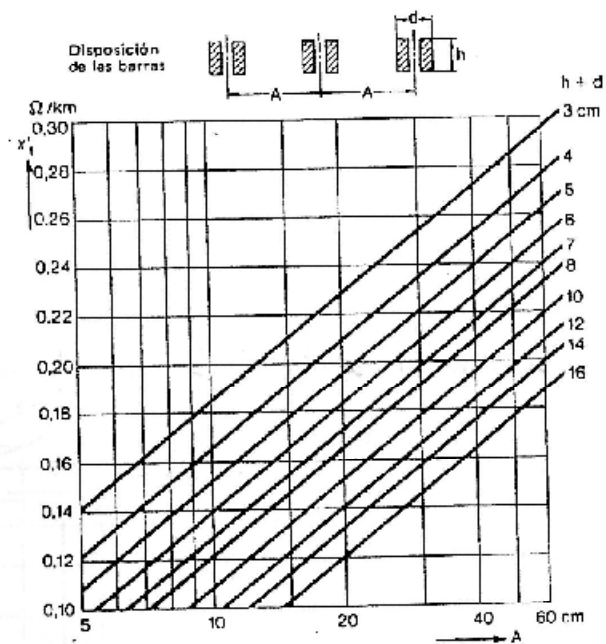


Figura 1.3./22 Valores medios de la resistencia inductiva  $x'_l$  de cada paquete de conductores, a  $f = 50$  Hz

### 1.3.3. Magnitudes de cálculo según VDE 0102

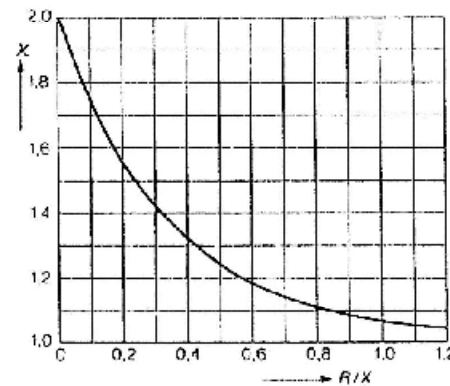


Figura 1.3./23 Factor  $x$  [parte 1]

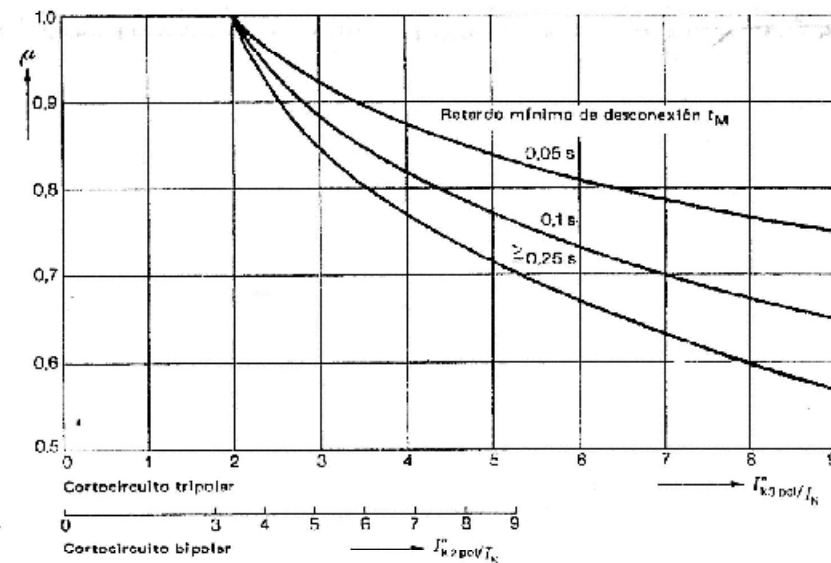


Figura 1.3./24 Factor  $\mu$  [parte 1]



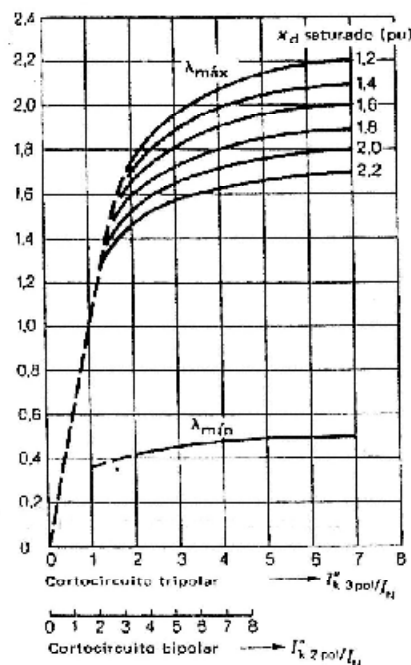


Figura 1.3/25 Factores  $\lambda_{\text{máx.}}$  y  $\lambda_{\text{mín.}}$  para turbogeneradores.  $x_d$  saturado se sustituye por el valor inverso de la relación de cortocircuito a la marcha en vacío  $K_0$ , según VDE 0530, parte 1, § 7a), véase [parte 1]

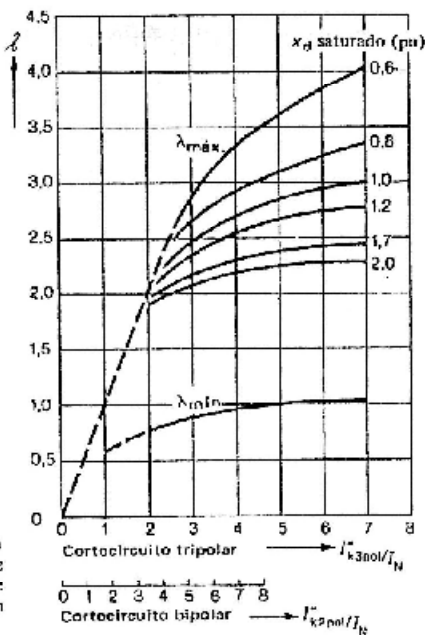


Figura 1.3/26 Factores  $\lambda_{\text{máx.}}$  y  $\lambda_{\text{mín.}}$  para máquinas de polos salientes.  $x_d$  saturado se sustituye por el valor inverso de la relación de cortocircuito a la marcha en vacío  $K_0$ , según VDE 0530, parte 1, § 7a), véase [parte 1]

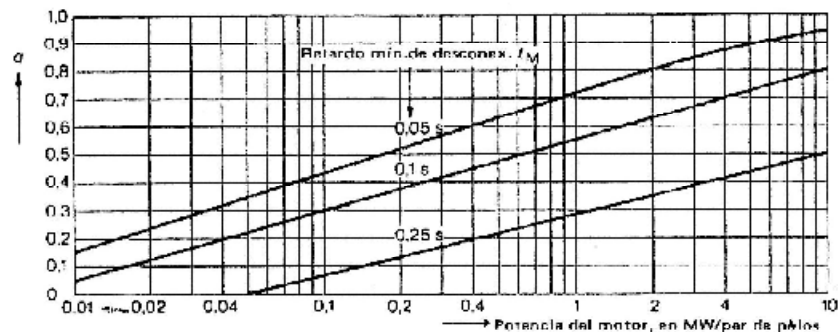


Figura 1.3/27 Factor  $q$  para calcular la corriente alterna de ruptura de motores asíncronos

Tabla 1.3/1 Valores característicos de generadores síncronos de alta tensión

Tipo de máquina	Turbogeneradores	Generadores de polos salientes con arrollamiento amortiguador		Generadores de polos salientes sin arrollamiento amortiguador	
		de alta velocidad $2p < 16$	de baja velocidad $2p > 16$	de alta velocidad $2p < 16$	de baja velocidad $2p > 16$
Reactancia subtransitoria (saturada) $x_d'$ en %	9 a 32	14 a 32	15 a 25	22 a 35	25 a 40
Reactancia transitoria (saturada) $x_d''$ en %	14 a 45	20 a 32	22 a 36	22 a 35	25 a 40
Reactancia síncrona (saturada) $x_d$ en %	120 a 250	80 a 140	75 a 125	80 a 140	75 a 125
Relación de vacío y cortocircuito $K_0$	0,35 a 0,8	0,7 a 1,6	0,8 a 1,2	0,7 a 1,6	0,8 a 1,2
React. inversa $x_2$ en %	9 a 32	14 a 25	15 a 27	36 a 63	35 a 60
React. homopolar $x_0$ %	2 a 20	3 a 20	3 a 22	4 a 24	4 a 30
Constante de tiempo subtransitoria $T_d'$ en s	0,02 a 0,05	0,02 a 0,05	0,02 a 0,05	—	—
Constante de tiempo transitoria $T_d''$ en s	0,5 a 1,8	0,7 a 2,5	0,7 a 2,5	0,7 a 2,5	0,7 a 2,5
Const. de tiem. de la comp. de cor. continua $T_R$ en s	0,07 a 1,00	0,10 a 0,40	0,10 a 0,40	0,15 a 0,50	0,20 a 0,50

Tabla 1.3./2  
Valores característicos de generadores síncronos de baja tensión

	Turbo- generadores	No. polos	Generadores de polos salientes	No. polos
Potencia nominal en kVA	40 a 1400		1600 a 3600	
Reactancia subtransitoria (saturada) $x_d''$ en %	10 a 15	4	10 a 12	2
		14	11 a 23	4
Reactancia transitoria (saturada) $x_d'$ en %	20 a 40	4	13 a 17	2
		14	26 a 36	4
Reactancia síncrona (no saturada) $x_d$ en %	150 a 300	4	170 a 220	2
		14	260 a 300	4
Relación de vacío y cortocircuito $K_c$	0,4 a 0,8	4	0,5 a 0,7	2
		14	0,4 a 0,5	4
Reactancia inversa $x_2$ en %	$\approx x_d''$	4 a 14	$\approx x_d''$	2 + 4
Reactancia homopolar $x_0$ en %	(0,4 a 0,8) $x_d''$	4 a 14	(0,4 a 0,6) $x_d''$	2 + 4
Constante de tiempo sub- transitoria $T_d''$ en s	0,01 a 0,03	4 a 14	0,02 a 0,035	2 + 4
Constante de tiempo transitoria $T_d'$ en s	0,3 a 1,0	4 a 14	0,5 a 1,2	2 + 4
Constante de tiempo de la componente de corriente continua $T_g$ en s	0,01 a 0,1	4 a 14	0,03 a 0,15	2 + 4

Tabla 1.3./3 Valores característicos de transformadores de alta tensión  
Transformadores trifásicos (en baño de aceite y askarel)

Tensión superior nominal  $U_{NOS} = 3000$  a  $24000$  V; tensión de corto-  
circuito  $u_k = 4$  %

Según DIN 42 500

$S_N$ en kVA	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$u_k$ en %	2,1	1,89	1,75	1,64	1,47	1,42	1,3	1,24	1,15	1,1	1,03
$U_{NOS}$ en V	231	Yy 0									—
	400	Yz 5					Dy 5				
	525	Yy 0									

Según DIN 42 503

$S_N$ en kVA	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$u_k$ en %	2,3	2,09	1,95	1,84	1,75	1,65	1,64	1,56	1,5	1,43	1,33
$U_{NOS}$ en V	231	Yy 0									—
	400	—					Dy 5				
	525	Yy 0									
$S_N$ en kVA	50	75	100	125	160	200	—				
$u_k$ en %	2,5	2,27	2,15	2,0	1,94	1,8	—				
$U_{NOS}$ en V	400	Yz 5									

Tensión superior nominal a 250- 800 kVA:  $U_{NOS} = 3000$  a  $12000$  V

a 1000-1500 kVA:  $U_{NOS} = 5000$  a  $12000$  V

a 250-1600 kVA:  $U_{NOS} = 12000$  a  $24000$  V

Tensión de  
cortocircuito  
 $u_k = 6\%$

Según DIN 42 511

$S_N$ en kVA	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
$u_k$ en %	1,78	1,71	1,61	1,56	1,48	1,38	1,35	1,31	1,24
$U_{NOS}$ en V	400	Dy 5							
	525	Yy 0							
$S_N$ en kVA	250	315	400	—					
$u_k$ en %	1,84	1,73	1,62	—					
$U_{NOS}$ en V	231	Yy 0							

Tensión superior nominal  $U_{NOS} = 24000$  a  $36000$  V; tensión de cortocircuito  $u_k = 6\%$

Según DIN 42 511

$S_N$ en kVA		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
$u_k$ en %		2,1	2,0	1,88	1,75	1,78	1,71	1,61	1,56	1,48	1,38	1,35	1,31	1,24
$U_{NOS}$ en V	231	Yy0			—									
	400	—			Dy 5									
	525	Yy0												
$S_N$ en kVA		100	125	160	200	250	315	400						
$u_k$ en %		2,3	2,16	2,0	1,9	1,84	1,73	1,62						
$U_{NOS}$ en V	231	—			Yy0									
	400	Yz 5			—									

Tabla 1.3./4 Valores característicos de transformadores de alta tensión

Tensión de cortocircuito  $u_k$

Tensión sup. nominal en kV	6 a 20	30	60	110
$u_k$ en %	3,5 a 8	6 a 11	9 a 12	9 a 15

Caída de tensión óhmica  $u_r$

Potencia nominal en MVA	0,1	0,32	1	3,2	10	32
$u_r$ en %	1,8 a 2,1	1,5 a 1,8	1,3 a 1,5	0,8 a 1,0	0,5 a 0,7	0,4 a 0,6

Tabla 1.3./5 Resistencias óhmicas  $r'$  (valores medios a 50 Hz) para cables de líneas aéreas fabricados según DIN 48 201

Cables para líneas aéreas			Resistencia óhmica en corriente alterna $r'$ , en $\Omega/km$									
Sección nominal	Sección real	Díam. ext.	a la temperatura media del cable (en $^{\circ}C$ )									
$q_n$ mm <sup>2</sup>	$q_l$ mm <sup>2</sup>	m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
<b>Cobre</b>			con una conductibilidad $\chi$ de (en $m \Omega^{-1} mm^{-2}$ )									
			60,87	58,33	56,00	53,84	51,85	50,00	48,27	46,67	45,16	
10	10,0	0,0041	1,6592	1,7315	1,8035	1,8751	1,9479	2,0200	2,0924	2,1641	2,2365	
16	15,9	0,0051	1,0435	1,0890	1,1343	1,1798	1,2251	1,2704	1,3160	1,3611	1,4066	
25	24,2	0,0063	0,6856	0,7155	0,7453	0,7752	0,8050	0,8347	0,8646	0,8943	0,9242	
35	34,4	0,0075	0,4824	0,5034	0,5243	0,5453	0,5663	0,5872	0,6083	0,6291	0,6501	
50	49,5	0,0090	0,3352	0,3498	0,3644	0,3790	0,3135	0,4081	0,4227	0,4372	0,4518	
50	48,3	0,0090	0,3453	0,3603	0,3752	0,3905	0,4053	0,4203	0,4356	0,4503	0,4653	
70	65,8	0,0105	0,2537	0,2647	0,2755	0,2868	0,2976	0,3085	0,3197	0,3307	0,3416	
95	93,2	0,0125	0,1794	0,1871	0,1949	0,2027	0,2105	0,2182	0,2260	0,2337	0,2415	
120	117,0	0,0140	0,1428	0,1493	0,1554	0,1616	0,1678	0,1740	0,1802	0,1863	0,1925	
150	147,0	0,0158	0,1142	0,1191	0,1239	0,1289	0,1332	0,1387	0,1436	0,1485	0,1534	
185	182,0	0,0175	0,0925	0,0963	0,1004	0,1044	0,1088	0,1123	0,1162	0,1202	0,1241	
240	243,0	0,0203	0,0701	0,0731	0,0760	0,0790	0,0828	0,0866	0,0904	0,0942	0,0980	
300	299,0	0,0225	0,0575	0,0599	0,0623	0,0647	0,0670	0,0694	0,0718	0,0742	0,0766	
<b>Aluminio</b>			con una conductibilidad $\chi$ de (en $m \Omega^{-1} mm^{-2}$ )									
			38,46	36,85	35,38	34,02	32,76	31,59	30,50	29,48	28,53	
10	10,0	0,0041	2,6261	2,7408	2,8548	2,9688	3,0830	3,1972	3,2787	3,4261	3,5401	
16	15,9	0,0051	1,6516	1,7238	1,7954	1,8672	1,9390	2,0108	2,0827	2,1547	2,2265	
25	24,2	0,0063	1,0851	1,1326	1,1796	1,2268	1,2740	1,3212	1,3684	1,4157	1,4629	
35	34,4	0,0075	0,7634	0,7968	0,8299	0,8630	0,8962	0,9294	0,9626	0,9959	1,0291	
50	49,5	0,0090	0,5306	0,5537	0,5767	0,5998	0,6228	0,6459	0,6690	0,6921	0,7152	
50	48,3	0,0090	0,5464	0,5703	0,5940	0,6177	0,6415	0,6652	0,6890	0,7128	0,7366	
70	65,8	0,0105	0,4011	0,4186	0,4360	0,4534	0,4709	0,4883	0,5058	0,5233	0,5407	
95	93,2	0,0125	0,2833	0,2955	0,3078	0,3201	0,3324	0,3447	0,3571	0,3694	0,3817	
120	117,0	0,0140	0,2259	0,2357	0,2455	0,2553	0,2650	0,2747	0,2845	0,2944	0,3041	
150	147,0	0,0158	0,1799	0,1799	0,1799	0,1799	0,1799	0,1799	0,1799	0,1799	0,1799	
185	182,0	0,0175	0,1456	0,1518	0,1581	0,1644	0,1707	0,1770	0,1832	0,1896	0,1959	
240	243,0	0,0203	0,1099	0,1146	0,1193	0,1241	0,1287	0,1335	0,1382	0,1430	0,1477	
300	299,0	0,0225	0,0898	0,0934	0,0973	0,1011	0,1049	0,1088	0,1126	0,1164	0,1203	

Tabla 1.3./5 (continuación)

Cables para líneas aéreas			Resistencia óhmica en corriente alterna $r'$ , en $\Omega/\text{km}$								
Sección nominal	Sección real	Díametro exterior	a una temperatura media del cable (en $^{\circ}\text{C}$ )								
$q_N$ $\text{mm}^2$	$q_r$ $\text{mm}^2$	m	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Cobre			con una conductividad $\chi$ de (en $\text{m}\Omega^{-1}\text{mm}^{-2}$ )								
			32,87	31,64	30,50	29,44	28,45	27,51	26,66	25,85	25,08
10	10,0	0,0041	3,0727	3,1922	3,2115	3,4307	3,5501	3,6687	3,7884	3,9072	4,0271
16	15,9	0,0051	1,9325	2,0076	2,0827	2,1577	2,2328	2,3074	2,3827	2,4573	2,5328
25	24,2	0,0063	1,2697	1,3191	1,3684	1,4176	1,4670	1,5160	1,5655	1,6145	1,6641
35	34,4	0,0075	0,8932	0,9280	0,9626	0,9973	1,0320	1,0665	1,1013	1,1358	1,1707
50	49,5	0,0090	0,6207	0,6449	0,6690	0,6931	0,7172	0,7412	0,7653	0,7893	0,8136
50	48,3	0,0090	0,6393	0,6642	0,6890	0,7138	0,7386	0,7633	0,7882	0,8129	0,8379
70	65,8	0,0105	0,4693	0,4875	0,5053	0,5240	0,5422	0,5603	0,5786	0,5967	0,6151
95	93,2	0,0125	0,3313	0,3442	0,3571	0,3699	0,3828	0,3956	0,4085	0,4213	0,4342
120	117,0	0,0140	0,2642	0,2744	0,2845	0,2947	0,3049	0,3151	0,3254	0,3356	0,3459
150	147,0	0,0158	0,2105	0,2186	0,2267	0,2348	0,2430	0,2511	0,2593	0,2673	0,2755
185	182,0	0,0175	0,1702	0,1768	0,1833	0,1898	0,1964	0,2030	0,2098	0,2161	0,2228
240	243,0	0,0203	0,1285	0,1333	0,1382	0,1432	0,1480	0,1530	0,1580	0,1629	0,1679
300	299,0	0,0225	0,1046	0,1086	0,1126	0,1156	0,1206	0,1245	0,1287	0,1326	0,1366

Tabla 1.3./6 Valores de la resistencia óhmica  $r'$  (valores medios a 50 Hz) para cables de líneas aéreas fabricados según DIN 48 204 y 48 206 [Según "Aluminium-Freileitungen", Editorial Aluminium-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1965]

Los valores de la resistencia están calculados para la sección real de las capas de aluminio o de aldreí, incluyendo el factor de cableado, referido a  $20^{\circ}\text{C}$  y a la resistencia específica del aluminio de  $0,02864 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ ; aldreí  $0,0328 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ ; estos valores equivalen a una conductividad del aluminio de  $35,38 \text{ m}/\Omega \text{mm}^2$ , y del aldreí de  $30,5 \text{ m}/\Omega \text{mm}^2$

Secciones nominales <sup>1)</sup>	Resistencia óhmica $r'$		para aluminio/acero <sup>1)</sup>	Resistencia óhmica $r'$	
	para aluminio/acero	para aldreí/acero		para aluminio/acero	para aldreí/acero
$q_N/q_{NS}$ $\text{mm}^2$	$\Omega/\text{km}$	$\Omega/\text{km}$	$q_N/q_{NS}$ $\text{mm}^2$	$\Omega/\text{km}$	$\Omega/\text{km}$
16/2,5	1,8792	2,180	210/35	0,1380	0,1601
25/4	1,2027	1,395	210/50	0,1363	0,1581
35/6	0,8353	0,9689	230/30	0,1249	0,1449
44/9,2	0,6566	0,7616	240/40	0,1188	0,1378
50/8	0,5946	0,6899	265/35	0,1117	0,1269
50/30	0,5644	0,6547	300/30	0,09488	0,11006
70/12	0,4150	0,4791	305/40	0,0949	0,11009
95/15	0,3058	0,3547	340/30	0,0853	0,0989
95/55	0,2992	0,3471	380/50	0,0757	0,879
105/75	0,2733	0,3170	385/35	0,0749	0,0869
120/20	0,2374	0,2754	435/55	0,0666	0,0772
120/70	0,2364	0,2742	450/40	0,0644	0,0747
125/30	0,2259	0,2621	490/65	0,0590	0,0684
150/25	0,1939	0,2249	550/70	0,0526	0,0610
170/40	0,1682	0,1952	560/50	0,0515	0,0597
185/30	0,1571	0,1822	680/85	0,0426	0,0494

<sup>1)</sup>  $q_N$  es la sección nominal de las capas de aluminio o aldreí;  $q_{NS}$  es la sección nominal del núcleo de acero