

**60287-1-1-
2022**

1-1

(100 %-

)

.

**(IEC 60287-1-1:2014, Electric cables — Calculation of the current rating —
Part 1-1. Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses —
General, IDT)**

2022

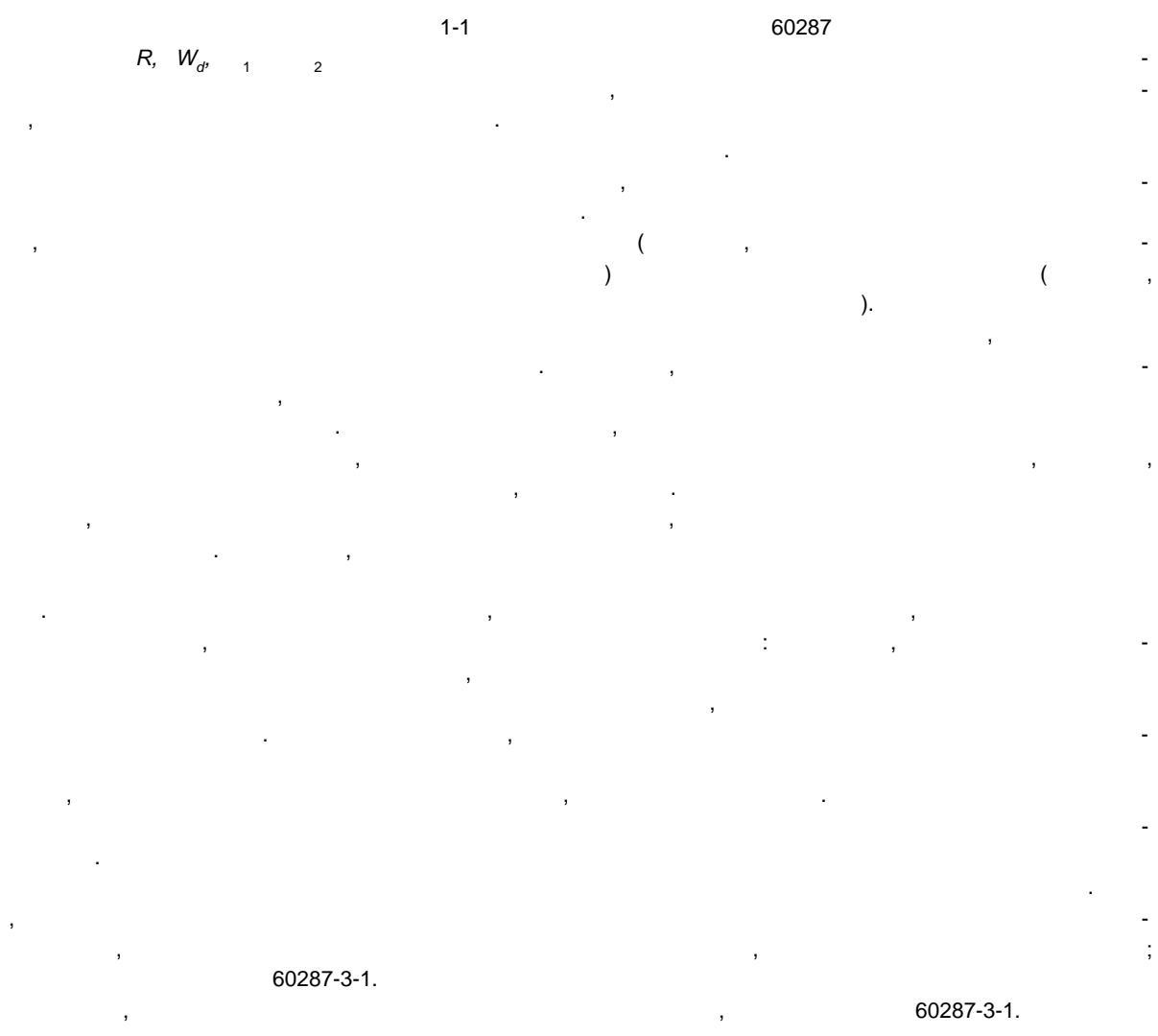
60287-1-1—2022

1 « - -
 , - » (« -
 »)
 4 ,
 2 046 « »
 3 -
 26 2022 . 399-
 4 60287-1 -1:2014 «
 . 1-1.
 (100 %-) » (IEC 60287-1-1:2014
 «Electric cables — Calculation of the current rating — Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor)
 and calculation of losses — General», IDT).
 1.5—2012 (3.5).
 -
 -
 5 60287-1-1—2009
 26
 29 2015 . 162- « », 1 -
) « », «
 — « ».
 () «
 ». , —
 (www.rst.gov.ru)

© IEC, 2014
 © « », 2022

1	.....	1
1.1	.....	1
1.2	.....	1
1.3	.....
1.4	.....
2	.....
2.1	.....
2.2	.....	11
2.3	.....	12
2.4	.....	19
( )	.....	24

60287-1-1—2022



1-1

(100 %-

)

Electric cables. Calculation of the current rating. Part 1-1.
Methods for calculating the rated current load (100% load factor) and losses. General

— 2023—01—01

1

1.1

5

(100 %-

)

1.2

- IEC 60027-3, Letter symbols to be used in electrical technology — Part 3: Logarithmic and related quantities, and their units ()
- IEC 60028:1925, International standard of resistance for copper ()
- IEC 60141 (all parts), Tests on oil-filled and gas-pressure cables and their accessories [()]
- IEC 60228, Conductors of insulated cables ()

60287-1-1—2022

IEC 60502-1, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) — Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV) [

- 1 ($U_m = 1,2$) 3 ($U_m = 3,6$)]

IEC 60502-2, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) — Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) [

- 6 ($U_m = 7,2$) 30 ($U_m = 36$)]

IEC 60889, Hard-drawn aluminium wire for overhead line conductors ()

1.3

	—	:
	—	, 2;
$\frac{S_l}{S}$	| ( .2.4.2);	
$\frac{S}{S}$	—	, / ;
*	—	, ;
	—	() , ;
	—	, ;
D_{it}	—	, ;
F	—	, 2.3.5;
	—	, / 2;
	—	, - / (.2.4.2);
H_S	—	, / ;
$\frac{2}{\cdot}$	>	, / (.2.4.2);
/	—	, () , ;
N	|	, 2.3.5;
Q	|	, 2.3.3, / ;
R	—	, / ;
R_A	—	, / ;
\wedge	—	20 °C, / ;
Re	—	, ;
R_s	—	, / ;
R_{so}	—	, / ;
	/ ;	20 °C,
R'	—	, / ;

R_o — $20\text{ }^\circ\text{C}$, / ;
 T_j — ,
 - / ;
 2 — , - / ;
 3 — , - / ;
 4 — (-),
 - / ;
 $*_4$ — , - / ;
 U_o — , ;
 $/$ — , / ;
 W_c — , / ;
 W_d — , / ;
 W_s — , / ;
 $W_{(SM)}$ — , / ;
 X — (- , / ; (- , / ;
 1 —), / ; (- , / ;
 — , / ;
 — , ;
 — ($0,55 \wedge +$ + $0,29 /$), ;
 d — , ;
 d' — , ;
 d_2 — , ;
 d_A — , ;
 d_c — , ;
 d'_c — , - ;
 d_d — , ;
 d_r — , ;
 d_j — , ;
 $/$ — , ;
 d_m — , ;
 d_x — - ;
 f — , ;
 g_s — , 2.3.6.1; -
 — (.2.4.2.4);
 — ();
 k_s — , x_s ();
 l — (, .2.3 2.3.4), ;
 ln — ();

60287-1-1—2022

	—	—10 ⁷ ;
	—	;
	—	(. 2.4.2);
	—	, (. 2.4.2);
	—	, 2.3.6.2;
q	—	, 2.3.6.2;
	—	, ;
s	—	, ;
s ₁	—	, ;
s ₂	—	, (. 2.4.2);
t	—	, ;
t ₃	—	, ;
t _s	—	, ;
v	—	, (= ^/ ^);
	—	, ;
x _s	—	, ;
	—	(. 2.1);
y _s	—	(. 2.1);
«20	—	20 °C, 1 / ;
	—	(. 2.4.2);
1	—	, 2.3.6.1;
	—	(. 2.4.2);
1	—	, 2.3.6.1;
2	—	, 2.3.6.1;
§	—	, ;
tg δ	—	, ;
	—	, ;
0	—	, °C;
0	—	, °C;
	—	, °C;
0 _{sc}	—	, °C;
0	—	, °C;
0	—	, °C;
	—	, ;
0	—	, ;
	—	, ;
	—	, 2.3.6.1;
2	—	, (
	—);
X}	—	, ;

— ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;
 — ;

20 °C, - ;

p_{ff} — , / ;

/ — , - / ;

p_s — 20 °C, - ;

— ;

— (2nf).

1.4

1.4.1

1.4.1.1

) (, ,)

$$g = [R + W_d] Z_1 + [Z_2^2 (1 + W_d) Z_2 + Z_3 + Z_4] (1 + X_1 + Z_2) + W_d (Z_3 + Z_4)$$

/ — , () ; ;

R — , / ;

W_d — , / ;

Z_1 — , - / ;

Z_2 — - / ;

Z_3 — , - / ;

Z_4 — , - / ;

60287-2-1:1994 (2.2), - / ; () ;

1 — ;
 2 —

60287-1-1—2022

$$I = \frac{Ae \cdot W_g [0.5 T_{-1} + (T_{-2} + T_{-3} + T_{-4})]}{R T_{-1} + n R_{-1} + \dots} \cdot 10^{-5}$$

60287-2-1:1994 (2.2.1.2).

1.4.1.2

5

5

$$R_{-1} + n R_{-1} + n R_{-1} (T_{-3} + T_{-4})$$

R' —

60287-2-1:1994 (2.2.1.2).

1.4.2

1.4.2.1

(1.4.1.1)

$$\frac{W_g [0.5 T_{-1} + (T_{-2} + 7g + v T_{-4}^{-1} + (1 - 1) 6]}{R [T_{-1} + (1 + \dots) T_{-2} + (1 + \dots + Z2) (7g + v T_{-4}^{-1})]} \cdot 10^{-10.5}$$

v —

p_d —

P_w —

0 —

0 —

0 —

$$(v = p_d/p_w)'$$

(0 - 0), .

1
60287-2-1:1994 (2.2.3.2).

(P_w)

2

60287-2-1:1994 (2.2.3.1).

1) «Current ratings of cables buried in partially dried-out soil, Part 1»//Electra 104. 1966 . (. 11, 3 1).

1.4.2.2

5

$$I = \frac{0 + (-1) \cdot 0}{R + nR_2 + nR_3} \cdot 10^{-5}$$

1.4.3

1.4.3.1

0,

$$I = \frac{-10^{-5}}{nRT_4(1 + \dots)}$$

0

1.4.1.1.

R

1.4.1.1.

1.4.3.2

5

$$nRT_4$$

1.4.4

R'

1.4.2.2.

1.4.4.1

$$I = \frac{0 - W_2 [\dots]}{RT + \dots} \cdot 10^{-5}$$

1.4.4.2

5

$$I = \frac{0 - eD_e HT_4}{R + nR_2 + nR_3 + T_4} \cdot 0,5$$

(\dots 4);

$10^3 / 2$

(\dots 60287-2-1), - / ;

$$D^* = (D_{oc} + 2/3) \cdot 10^{-3};$$

60287-1-1—2022

2

2.1

R, Ω , (2.1.5),

$$= (1 + y_s + y_p),$$

y_s — ;

2.1.1

R', Ω ,

0, °C,

$$R' = R_0 [1 + \alpha (0 - 20)],$$

R_0 — 20 °C, / .
 R_0 60228. 60228, -
 ().
 1;
 2 — 20 °C (. 1);
 0 — , °C (-
),
 1 — ,

	20 °C , -	20 °C 20, 1/
)	1,7241 · 10 ⁻⁸ 2,8264 · 10 ⁻⁸	3,93 · 10 ⁻³ 4,03 · 10 ⁻³
)	21,4 · 10 ⁻⁸ 13,8 · 10 ⁻⁸ 3,5 · 10 ⁻⁸ 70,0 · 10 ⁻⁸ 2,84 · 10 ⁻⁸	4,0 · 10 ⁻³ 4,5 · 10 ⁻³ 3,0 · 10 ⁻³ 4,03 · 10 ⁻³
—	60889.	60028.

2.1.2

y_s

y_s

:

$$0 < x_s < 2,8 \quad = \frac{x_s}{192 + 0,8Xg'}$$

$$2,8 < x_s < 3,8 \quad y_s = - 0,136 - 0,0177x_s + 0,0563x_2,$$

$$x_s > 3,8 \quad y_s = 0,354x_s - 0,733,$$

$$x_s = \frac{2,8 \text{ jff } \dots - 7}{\dots \cdot 10^7 k_s},$$

f — , .

k_s 2.

2.1.3

$$\frac{4}{\sqrt{192 + 0,8 \times 10^{-2} s}} d_r^{1/2}$$

$\sigma_{ju} = 7$

d_c —
 s —

2,8,

2 —

k_s

		k_s	
:			
-		1	1
-	/ / 1"	1	0,8
-	/ 11	1	1
-	/ / 0	0,435	0,37
-		0,35	0,20
-		0,62	0,37
-		0,80	0,37
-			0,8
-	/ /	1	0,8
-	/	1	1
:			
-		1	1
-		1	0,8
-		0,25	0,15
-			0,8
<p>k_s</p> <p>$-\frac{d'_c - dj}{s} Y d'_c + 2d$</p> <p>$s [d'_c + dj] d'_c + dj J$</p> <p>$dj$ — () ;</p> <p>d'_c — ;</p> <p>(272) (). CIGRE</p>			

60287-1-1—2022

2

d (, ,), , -
 f : , , / ,
 g , : , , ,
 h : , , , -

1 k_s CIGRE (272) «
 ».

2 $k_{s'}$, , , -

3 $k_{s''}$, , -

2 .1.4 -

2.1.4.1

$$= \frac{d_c^2}{192 + 0,8x^{11} sj} \cdot 0,312 \frac{(def)}{l s} \cdot 1,18 + 0-27$$

$$\frac{2 \cdot 871}{= \sqrt{7^{10}} - 7}$$

$$s = y/s^2 s_2$$

2.8,

2.1.4.2

2/3

2.1.4.1.

$d_c = d_x$ -
 ; $s = (/ + t)$,
 t—

2.8,

2.1.5 -

2.1.2, 2.1.3 2.1.4, 1.5.
 $R, / ,$

$$/? = /?[1 + 1,5(y_s +)],$$

2.2

U_{σ} 3

3 —
tg 5

		tg 8*
		4 0,01
	3:	
-	$U_o = 36$	3,6 0,0035
-	$U_o = 87$	3,6 0,0033
-	$U_o = 160$	3,5 0,0030
-	$U_o = 220$	3,5 0,0028
	13	3,7 0,0045
		3,6 0,0040
	rasa ^d	3,4 0,0045
		4 0,050
	() :	
-	18/30 (36)	3 0,020
-	18/30 (36)	3 0,005
	()	8 0,1
	() () () 6	2,3 0,001
	() :	
-	18/30 (36) . ()	2,5 0,004
-	18/30 (36) ()	2,5 0,001
-	18/30 (36) ()	3,0 0,005
	() :	
-	63/110	2,8 0,0014

*
60141-1.
60141-4.
60141-3.
^dCM. 60141-2.
60502-1 60502-2.
— U_o

60287-1-1—2022

3

	»
-	38
-	63,5
:	18
	63,5
	6
	127
()	127
()	63,5

$W_{d^*} / ,$

$W_d = <0CU_d \text{tg } \delta,$

$= 2 \text{ } \text{£}$

$U_o - \text{tg } \delta$

3.

$\approx \dots \dots -10^{19},$

$18 \ln | - |$

$D_j -$

$d_c -$

$D_j d_c$

3.

2.3

$1 \text{ X} \} /$

$\wedge = . \wedge + .$

()

(. 2.3.1, 2.3.2 2.3.3).

(. 2.3.4).

(. 2.3.5).

2.3.6

$$R_s = 1.$$

$\theta_{sc}, \text{ }^\circ\text{C},$

$$\theta_{sc} = \theta_c - (I^2 R_s + 0,5 I V_{\theta}) T_1.$$

/,

$R_s, \text{ } \Omega,$

$$R_s = R_{s0} [1 + \alpha_2 (\theta_{sc} - 20)],$$

$R_{s0} —$

$20 \text{ }^\circ\text{C}, \text{ } \Omega.$

2.3.1

),

(

(

X}

$$I_{sc} = I_{sc0} [1 + \alpha_2 (\theta_{sc} - 20)].$$

X —

, / ,

$$= 2nf, \text{ } 1/ \text{ s};$$

s —

d —

$$d_m, \quad d_M \sqrt{I} \quad d_m —$$

d

$$1/2 (d_m + D_{\theta});$$

$$I_{sc} = 0, \text{ } \dots$$

^

2.3.5.

2.3.2

(

)

X}

$$I_{sc} = I_{sc0} [1 + \alpha_2 (\theta_{sc} - 20)].$$

1 —

, / ,

60287-1-1—2022

$$X_1 = 2\omega 10^{-7} \ln \left\{ 2\sqrt[3]{2} \left(\frac{s}{d} \right) \right\};$$

2 = 0, ...

2.3.5.

2.3.3

(...),

$$11 RRS + P^2 + RI + Q^2 + 4z(Rs + p^2) (Ks + S^2)$$

$$\hat{12} R^2 = \frac{0.75 - 0.25 Q^2}{R^2 + 2 + R^2 + Q^2} \frac{2R_s P Q X_m}{y/3(R^2 + P^2) (K^2 + Q^2)}$$

' \

$$\sqrt{1m^4 R R^2 + Q^2}$$

$$P = X + X_m;$$

$$Q = X \frac{X_m}{3}$$

X —

, / ,

$$X = 2 \cdot 10^{-7} \ln \left| \frac{...}{d} \right|$$

—

, / ,

$$= 2(10^{-7}) (2),$$

∴] = 0, ...

2.3.5.

2.3.4

),
X 2.3.1, 2.3.2 2.3.3

$$= \frac{I_a X_a + I_b X_b + \dots + I_n X_n}{I_a + 1 + \dots + 1}$$

I_a, I_1, \dots, I_n —

2.3.1, 2.3.2

2.3.3,

S_a, S_b, \dots, S_n .

b)

25 % —

25 %

(2.3.6).

2.3.5

(, X'-J 2.3.1, 2.3.2 2.3.3, ^', 2.3.6 ,

F,

$$\frac{4 \cdot 2 \cdot I^2 + (+ I)^2}{4(2 + 1)(I^2 + 1) '}$$

= N $\frac{ft-}{X}$ — —

+ P_S) —

2.3.4,

2.3.6

2.3.6.1

^'

1 ft $Ss^{0-0} (1 + 1 + 2) \frac{(PI^2s)^4}{12-10}$

/ 1,174

9s = 1 hr (10³-1.);

60287-1-1—2022

4
 io4
 p_s — (. 1), - ; 20 °C
 D_s —
 —
 g_s
 — t_s —
 1 g_s
 $(\pi \cdot 12)^4$
 2 g_s $(fVs)_{12}^4$ 70
 3
 $< 0,1$ 1 2
 1) = -10^{-7}

$$z = (0,927 + 1,66j)$$

$$r_1 = (1,14m^{2,45} + 0,33) —$$

$$r_2 = 0.$$

2) :
) :

X.Q

(J +

$$r_1 = 0,86m^{3,08} \cdot d^{1,4m+0,7} \cdot 2s J$$

$$r_2 = 0;$$

b)

$$A.Q \left(\frac{d}{2s} \right)^2$$

$$r_1 = 4,7 \cdot 10^{-7} \cdot d^{(0,16/77+2)} \cdot 2sJ$$

$$r_2 = 21m^{3,13} \cdot d^{(1,47/77+5,06)} \cdot 2s J$$

) , :

$$0,74(+ 2)^{0,5} d V^{m+1}$$

$$1 \quad 2 + (m-0,3)^2 \quad bsj$$

$$= 0,92 m^{3,7} \frac{(d)^{(m+2)}}{12s J}$$

2.3.6.2

X} (

$$\frac{z^2 + q^2 + 1 - pg - q}{(p + q + 1)^2}$$

(. . , qa, — q

0,004.

2.3.7

X} X'-j

$$1 \quad RR_S (d) \quad \left[1 + \left(\frac{c}{d} \right)^2 \right]$$

$$1 \quad RR_S \{ d \} \quad (1,48^{+ 2} \quad (1,48^{+ 2}$$

—
—
d —

$$y/d_M \quad d_m, \quad d_M \mu \quad d_m \quad — \quad d \quad 1/2(D_{oc} + D_{jl}).$$

2.3.8

X} ^

60287-1-1—2022

$$\left[\frac{3R_s \left(\frac{2c}{d}\right)^2}{1 + \left(\frac{R_s 10^7}{\omega}\right)^2} + \left(\frac{2c}{d}\right)^4 \frac{1}{1 + 4\left(\frac{R_s 10^7}{\omega}\right)^2} \right] \frac{R_s}{100} /$$

$$\frac{3,2 \left(\frac{2c}{d}\right)^2}{1} 10^{-14}$$

$$\frac{R_s (2r + f)^2}{X^2} = 0,945 \frac{1}{(R_s)^2} \frac{1}{1 + 10^7}$$

d_M, d_m, d_M, d_m ; $d = 1/2(D_{OC} + D_{\mu})$.

2.3.9

2.3.8, ; 2.3.7

$$\left(\frac{d}{d_A}\right)^2 \frac{1}{d_A}$$

d_A ; (; 300);

2.3.10

(0,3 1,0 SL)

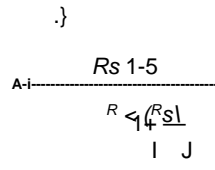
$$X \} \\
 R_s 1.5 = /R \frac{1}{2s} /$$

= 2 10 $-7 | ZS |$ / - X}

2.3.11

2.3.1.

2.3.1



d' , I_s , d

$$d' = \frac{J^2 L}{N^2}$$

d' —
 d_2 —

d d_2 d_M d_m $d_M \setminus d_m$ —

2.4.2.

2.4

2

1.

$^{\circ}\text{C}$,

$$0 = \alpha^{2\tau} + 0.5 \dots + [^2R(1 + /-!) + W_d \ln T_2]$$

()

R_A

/

$$= + 2 (\$ - 2]],$$

R_{A0} —

20°C , /

2.4.1

2.3,

I_s

d (. 2.3.11).

)

()

)

54°
)

60287-1-1—2022

) (;),
 d) ;)

2.3.11.

2.4.2
 2.4.2.1

(. . 10).

) , R_{θ} / ,

$$\frac{R_{S'} + R_A}{R_S + R_A}$$

1,4

1,2

5 2

) H_s / , :

$$H_s = 2 \cdot 10^{-71} \left(\frac{d_f}{d} \right)^2$$

$$= \frac{d_f^2}{P^2 A} 10^7 \sin^2 \cos y,$$

$$H_2 = \frac{d_f^2}{P^2 A} 10^7 \sin^2 p \sin^2 ,$$

$$" = \frac{d_f^2}{P^2 A} 10^6$$

$$H_2, \quad s_2$$

$$d_f$$

1

2.4.2, d).

$\Lambda, 2, / ,$

$$B_1 = \Lambda H_{s+} H \Lambda H_3,$$

)

$\Lambda_+ / ,$

$$W_{(s+A)} = \rho R_e \quad \begin{matrix} 2 + \Lambda + R_e B_2 \\ jRe + B \Lambda + B^2, \end{matrix}$$

X}

$$\frac{-W(s_+, A)}{1' 2' \Lambda}$$

W_c
d)

$$W_c = \rho R.$$

- 400 / 2,
- = 400;
- = 10;
- = 1;
- = 45°.

4 6 ,

/7, - / ,

$$= \frac{1000 \sqrt{+Ll}}{! -}$$

7 $\sim I_s$ —

$$|7 + 7_s| = 0,6 \cdot /$$

2.4.2.2

'2

$$2 = \frac{,62 \quad 21 \quad '14 \quad 3,82 \quad 1 \quad \sim^5 \quad 1,48 \quad + t}{RR A \quad R [/ +95,7]}$$

400 $^2.$

2.4.2.3
2.4.2.3.1

$$2 = 1,23 \Lambda f \left[\frac{<-> / \quad \sqrt{2}}{R \quad 2,77 \quad 10^6 \quad "l} + 1 \right]$$

400 $^2.$

60287-1-1—2022

2.4.2.3.2

2

$$2 = 0,35_8 \wedge \frac{R J 2,77 1 6 "I .}{+1}$$

2.4.2.4

0,3—1,0

50

$$\frac{s^2 k^2 10^{47}}{2 " 8 '}$$

6 —

8 = —.

8

300.

f,

50

f

2

50

$$,, 2,25s^2 k^2 8 10^{-8}$$

(-L)²
(SO)

2

(. 2.3.9).

2.4.2.5

SL

SL

2.4.2.3.1

2.4.2.3.2,

2'

1- —X,
« 1

2.3.1.

2.4.3

()

$$I_2 = \frac{(0,0115s - 0,001485 d_d)}{I R} \cdot 10^{-5}$$

$$I_2 = \frac{(0,00438s + 0,00226)}{I R} \cdot 10^{-5}$$

d_d —

0,76.

60

50

(. 2.4.2.5),

4.

4—

	0,8
	0,8
	0,6
	0,4
	0,6

60287-1-1—2022

()

.1

IEC 60027-3	IDT	60027-3—2016 « 3. »	- - -
IEC 60028:1925	—	*	
IEC 60141-1	—	*	
IEC 60141-2	—	*	
IEC 60141-3	—	*	
IEC 60141-4	—	*	
IEC 60228	MOD	22483—2021 « »	-
IEC 60287-2-1	IDT	60287-2-1—2009 « 2-1. »	-
IEC 60502-1	IDT	31996—2012 « 0,66; 1 3 »	- -
IEC 60502-2	NEQ	55025—2012 « 6 35 »	- .
IEC 60889	—	*	
<p>* — : - IDT— ; - MOD — ; - NEQ — .</p>			

60287-1-1—2022

621.315.326.001.4:006.354

29.060.20

: , ,
, ,

27.05.2022. 21.06.2022. 60 841/8.
. . . 3,72. .- . . 3,34.

« »
117418 , - , . 31, . 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru