

URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE – LABORATORIUM

Ćwiczenie 6.

Temat: Badanie mikroprocesorowego zabezpieczenia transformatora energetycznego przed przeciążeniem

INSTRUKCJA

Cel ćwiczenia

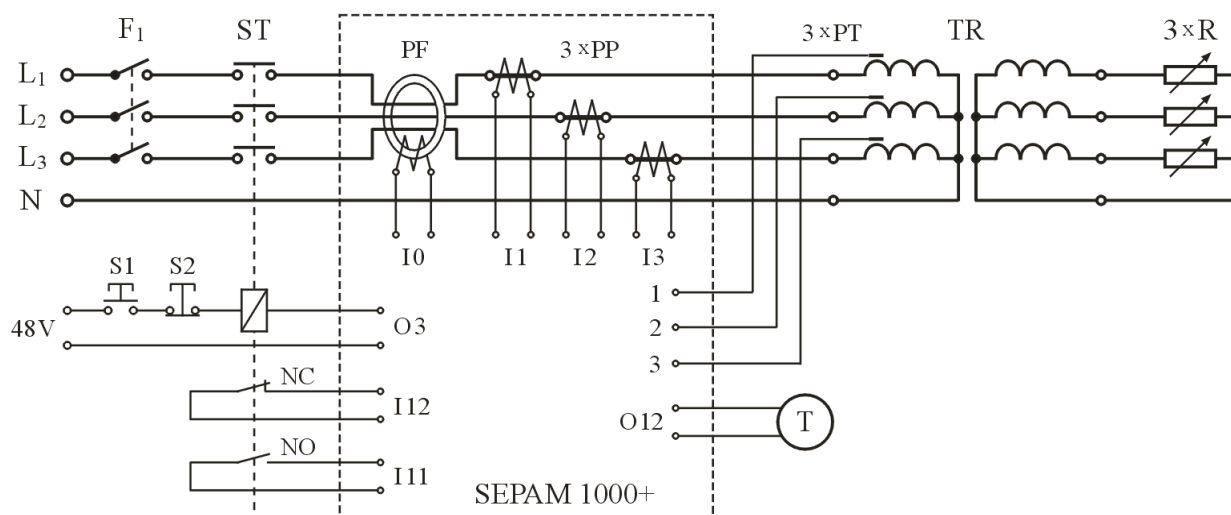
1. Zapoznanie się z budową i zastosowaniem przełącznika mikroprocesorowego SEPAM 1000+.
2. Zapoznanie się z obsługą i programowaniem przełącznika oraz z aplikacjami programowymi.
3. Przeprowadzenie badań zabezpieczenia nadprądowego zwłocznego transformatora energetycznego.

Program ćwiczenia

1. Badanie działania zabezpieczenia nadprądowego o charakterystyce niezależnej.
2. Badanie działania zabezpieczenia nadprądowego o charakterystyce zależnej.
3. Rejestracja przebiegów przeciążenia transformatora.
4. Przeprowadzenie analizy zarejestrowanych przeciążeń i efektów działania zabezpieczenia.

1. Przygotowanie układu probierczo-pomiarowego

Zapoznać się z budową i działaniem urządzeń i elementów układu probierczo-pomiarowego, sprawdzić zgodność połączeń układu z poniższym schematem.



- F₁ - wyłącznik zasilania,
ST - stycznik załączający i wyłączający transformator TR,
S₁, S₂ - przyciski do ręcznego załączania i wyłączania stycznika ST,
NC, NO - zestyki pomocnicze stycznika ST (normalnie zamknięty i normalnie otwarty),
PF - przekładnik Ferrantiego,
PP - przekładniki prądowe,

I0 - wejście logiczne sygnału z przekładnika Ferrantiego PF,
I1, I2, I3 - wejścia logiczne sygnałów z przekładników prądowych PP,
O3 - wyjście logiczne sterujące załączaniem i wyłączeniem stycznika ST,
I11, I12 - wejścia logiczne sygnałów ze styków pomocniczych stycznika ST,
PT - przetworniki temperatury (PT 100),
1, 2, 3 - wejścia pomiarowe z przetworników temperatury PT,
T - czasomierz,
O12 - wyjście logiczne sterujące czasomierzem T,
TR - fizyczny model transformatora energetycznego,
R - rezystory obciążające transformator TR.

Kolejność czynności wstępnego przygotowania do pomiarów:

- 1) połączyć czterożyłowy przewód zasilający układ probierczy z zaciskami L1, L2, L3 i N sieci zasilającej, zwracając uwagę na kolory żył przewodu: L₁ - czarny, L₂ - brązowy, L₃ - szary,
- 2) ustawić wyłączniki F1 i W1 układu probierczego w pozycji otwartej,
- 3) ustawić sterowanie stycznika w trybie impulsowym - przełącznik S3 w pozycji 0,
- 4) zakres wyświetlania czasomierza ustawić wstępnie na 999 s, używając opcji MODE i klawiszy funkcyjnych 1 - 4. Powrót do wyświetlania wartości bieżącej - przycisk DISPLAY,
- 5) zamknąć wyłącznik W1 - załączony zostanie SEPAM, zapali się czerwona lampka przycisku S2,
- 6) włączyć komputer i uruchomić program SFT2841, wybrać opcję „połącz”, w menu Sepam wybrać opcję „identyfikacja” i wprowadzić hasło „0000”, **nie zmieniać hasła**,
- 7) włączyć wentylatory chłodzące oba zespoły grzałek obciążających transformator.

2. Badanie działania zabezpieczenia nadprądowego o charakterystyce niezależnej

Pomiary prądu pobieranego przez transformator

Kolejność czynności w czasie przygotowania do pomiarów i w czasie ich wykonywania:

- 1) wejść do menu zabezpieczeń (zakładka „zabezpieczenia”) i ustawić wszystkie przełączniki jako nieaktywne,
- 2) wykonać pomiary (odczyt na module DMS303 lub w programie SFT2841, menu „pomiar”) ustabilizowanych wartości prądów fazowych I₁, I₂ i I₃ dla kolejnych zmian mocy symetrycznego obciążenia faz (co 250 W) w zakresie od 250 do 2000 W,
- 3) wyniki pomiarów zapisać w tabeli 1.

Wyznaczenie wartości granicznej prądu zadziałania zabezpieczenia podczas załączania transformatora przy pełnym obciążeniu

Kolejność czynności w czasie wykonywania pomiarów:

- 1) wejść do menu zabezpieczeń (zakładka „zabezpieczenia”) i ustawić przełącznik 50/51-1 jako aktywny, wszystkie pozostałe przełączniki powinny być nieaktywne,
- 2) wybrać rodzaj krzywej wyłączenia „niezależna”, nastawić próg prądowy zabezpieczenia na 7,8 A, nastawić czas opóźnienia na 200 ms; zaznaczyć wyjście O3 jako aktywne,
- 3) po każdej zmianie nastaw należy kliknąć „zastosuj”,
- 4) ustawić pełne obciążenie faz (2000 W),
- 5) przeprowadzić trzykrotnie próbę działania zabezpieczenia załączając transformator przyciskiem S1; w razie niewyłączenia transformatora przez zabezpieczenie po upływie nastawionego czasu opóźnienia, wyłączyć go przyciskiem S2; przerwy między kolejnymi próbami powinny wynosić minimum 3 s,
- 6) wyniki pomiarów w postaci znaków: „+” zadziałanie zabezpieczenia, „-” niezadziałanie zabezpieczenia, wpisać do tabeli 2,
- 7) powtórzyć próbę, punkty 5) i 6), dla czasów opóźnienia zwiększanych kolejno o 200 ms w zakresie do 1 s, tylko do czasu, przy którym zabezpieczenie nie zadziała (po każdym z trzech załączeń).

Całą procedurę, punkty od 5) do 6), powtórzyć dla nastaw progu prądowego zwiększanych kolejno o 0,1 A do wartości, przy której zabezpieczenie nie zadziała dla żadnego z nastawianych czasów opóźnienia.

Największą spośród zmierzonych wartości prądu niezadziałania zabezpieczenia przyjęć jako największą wartość prądu załączenia transformatora przy pełnym obciążeniu.

Sprawdzenie poprawności działania zabezpieczenia

- 1) Nastawić prąd zabezpieczenia $I_S = 4$ A, a czas opóźnienia $T = 3$ s.
- 2) Dla każdego z kolejnych symetrycznych obciążeń transformatora, w zakresie od 250 do 2000 W z krokiem 250 W, przeprowadzić trzykrotnie próbę działania zabezpieczenia po załączeniu transformatora przyciskiem S1. W przypadku, kiedy zabezpieczenie nie zadziała po upływie nastawionego czasu opóźnienia, wyłączyć transformator przyciskiem S2. Przerwy między kolejnymi załączeniami powinny wynosić minimum 3 s.
- 3) W każdej próbie mierzyć wartości prądów I_1 , I_2 , I_3 strony pierwotnej transformatora o (zapisać w tabeli największą wartość prądu przy danym obciążeniu) oraz czas zadziałania zabezpieczenia t_d (dla prób, w których zabezpieczenie działało).
- 4) Wyznaczyć błędy bezwzględne i procentowe zmierzonego czasu t_d zgodnie z zależnościami (1). Wskazać największe wartości dodatnie i ujemne tych błędów.

$$\Delta t_d = t_{d, \text{sr}} - T \quad \Delta t_{d\%} = \frac{t_{d, \text{sr}} - T}{T} \cdot 100 \quad (1)$$

- 5) Wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do tabeli 3. Sporządzić wykres $t_{d, \text{sr}} = f(I_{\text{max}})$.

3. Badanie działania zabezpieczenia nadprądowego o charakterystyce zależnej

Sprawdzenie krzywej zabezpieczeniowej przez porównanie z charakterystyką wzorcową

- 1) W zakładce „50/51-1” wybrać dowolną krzywą zabezpieczeniową zależną (standardowo zależną, bardzo zależną, skrajnie zależną lub ultra zależną).
- 2) Ustawić wartość progu zadziałania $I_S = 1$ A i czasu opóźnienia $T = 2$ s.
- 3) Wykonać pomiary dla ośmiu symetrycznych obciążeń transformatora w zakresie od 250 do 2000 W (z krokiem 250 W).
- 4) Odczytać wartości prądów w każdej fazie (w przypadku problemów z odczytaniem, przyjęć wartości zmierzone przed wykonaniem badań) oraz czasu zadziałania t_d w każdej z prób.
- 5) Zmienić próg prądowy na $I_S = 0,5$ A oraz czas opóźnienia $T = 4$ s i wykonać takie same próby dla załączanych kolejno obciążeń z zakresu 250...2000 W.
- 6) Uzyskane wyniki zapisać w tabelach 4 i 5.
- 7) Sporządzić na jednym wykresie charakterystyki uzyskane na podstawie pomiarów $t_{d, \text{sr}}(I_{\text{max}}/I_S)$ oraz obliczone na podstawie zależności (2) z wykorzystaniem współczynników z poniższej tabeli.

$$t_{d, \text{obl}}(I) = \frac{k}{\left(\frac{I}{I_S}\right)^\alpha - 1} \cdot \frac{T}{\beta} \quad (2)$$

Typ krzywej	k	α	β
standardowo zależna SIT / A	0,14	0,02	2,97
bardzo zależna VIT / B	13,5	1	1,5
skrajnie zależna EIT / C	80	2	0,808
ultra zależna UIT / B	315,2	2,5	1

Dobór parametrów zabezpieczenia do określonych warunków zwarcia

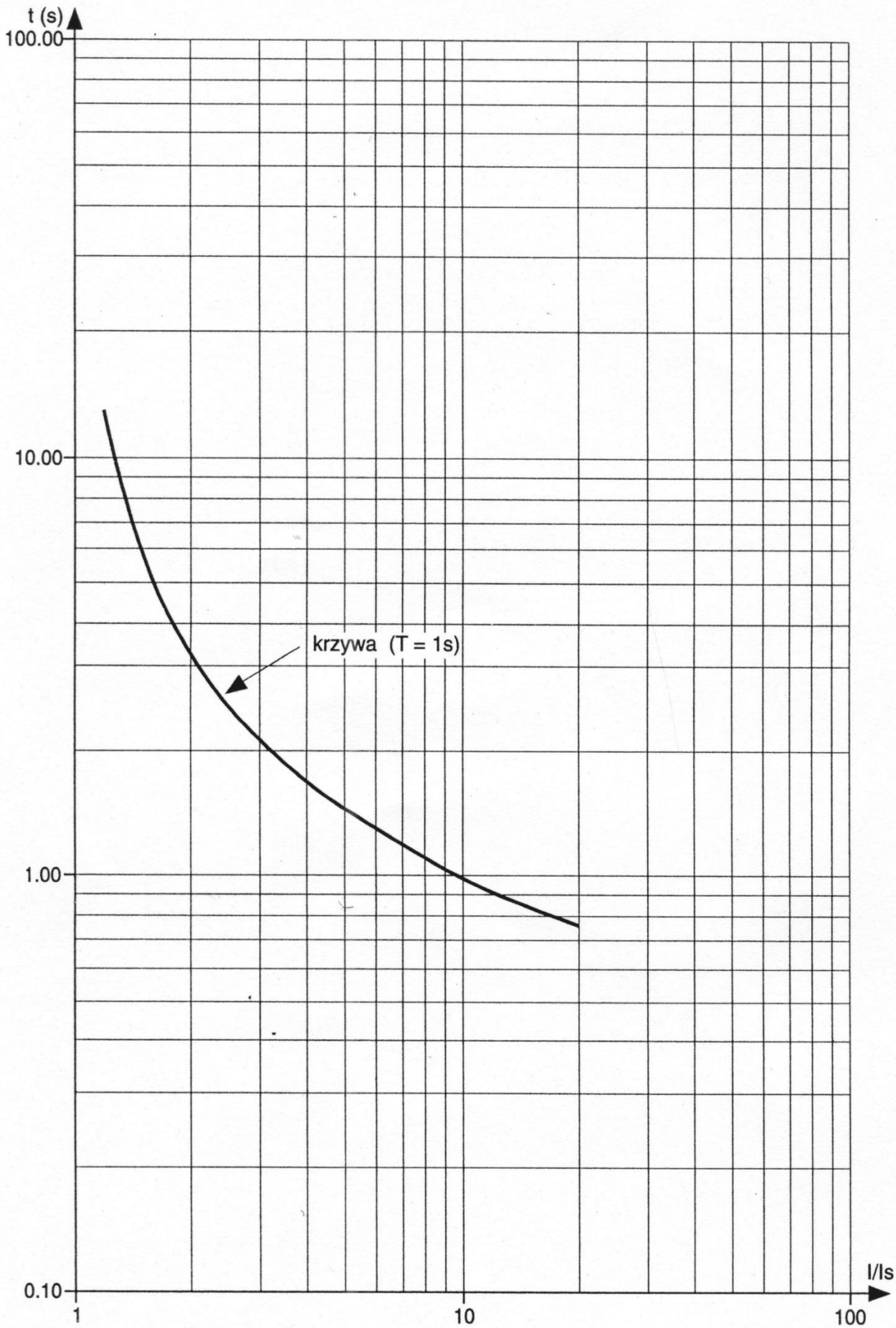
- 1) Przyjąć, że charakterystyka zabezpieczenia zależnego powinna przechodzić przez punkt $K(I_k, t_k)$ (6,8 A; 3 s). Dobrać parametry zabezpieczenia spełniającego to założenie.
- 2) Wybrać dowolny rodzaj krzywej wyłączeniowej. Przyjąć, że prąd znamionowy transformatora wynosi $I_N = 1$ A.
- 3) Obliczyć czas zwłoki zgodnie ze wzorem (3) odczytując wartość współczynnika k z tabeli D1.

$$T = \frac{t_k}{k} \quad (3)$$

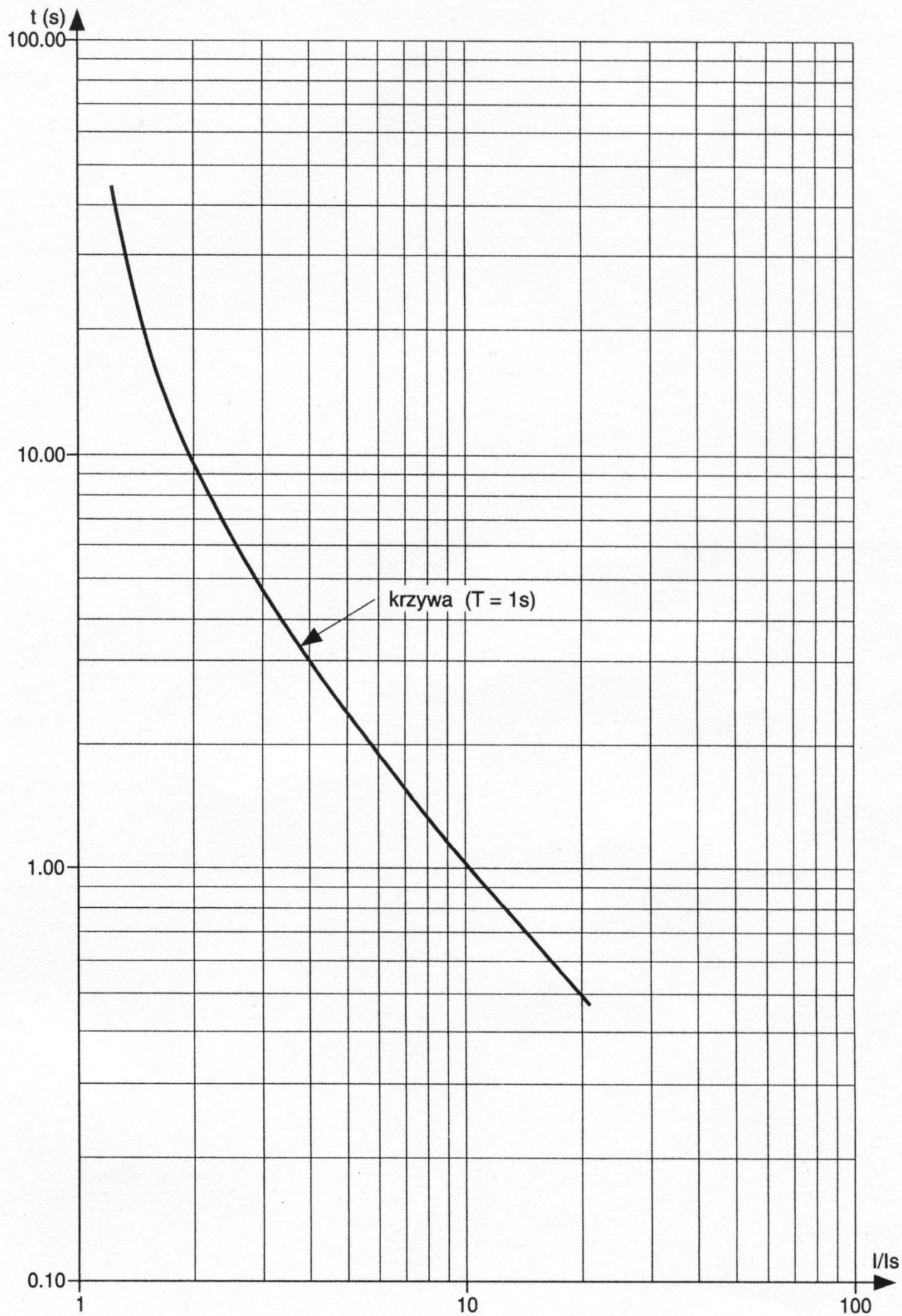
- 4) Dla nastaw $I_S (= I_N)$ oraz T zasymulować zwarcie przy prądzie $I_k = 6,8$ A ($P_{\text{nast}} = 1750$ W). Wykonać 3 próby i odczytać czasy zadziałania t_d .
- 5) Wyznaczyć średni czas zadziałania $t_{d,\text{sr}}$ i porównać go z przyjętym czasem t_k .
- 6) Obliczyć maksymalny błąd czasowy zgodnie z zależnością (4).

$$\Delta t_{\%} = \frac{t_d - t_k}{t_k} \cdot 100 \quad (4)$$

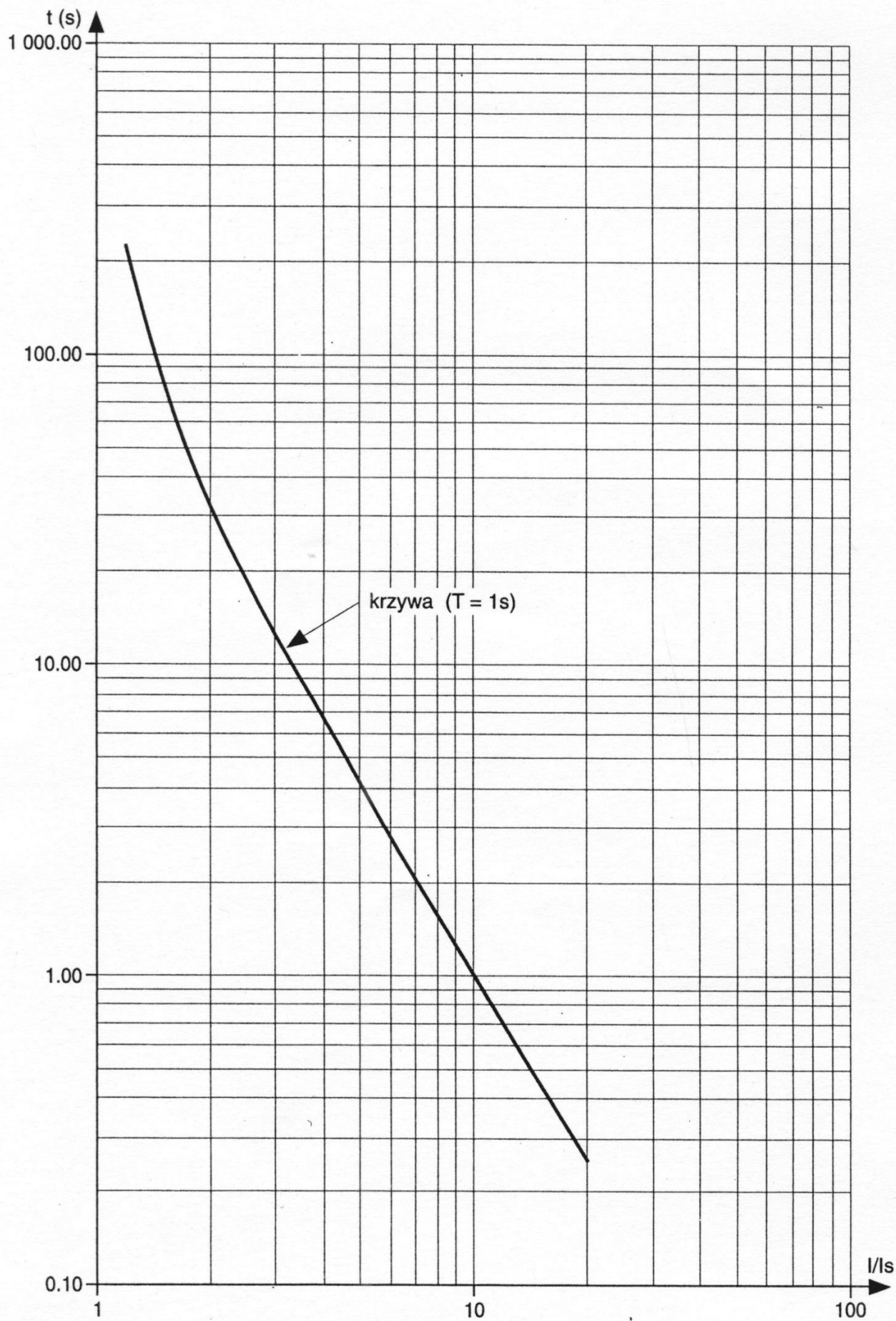
- 7) Wyniki badania zabezpieczenia nadprądowego z dobranymi nastawami wpisać do tabeli 6.



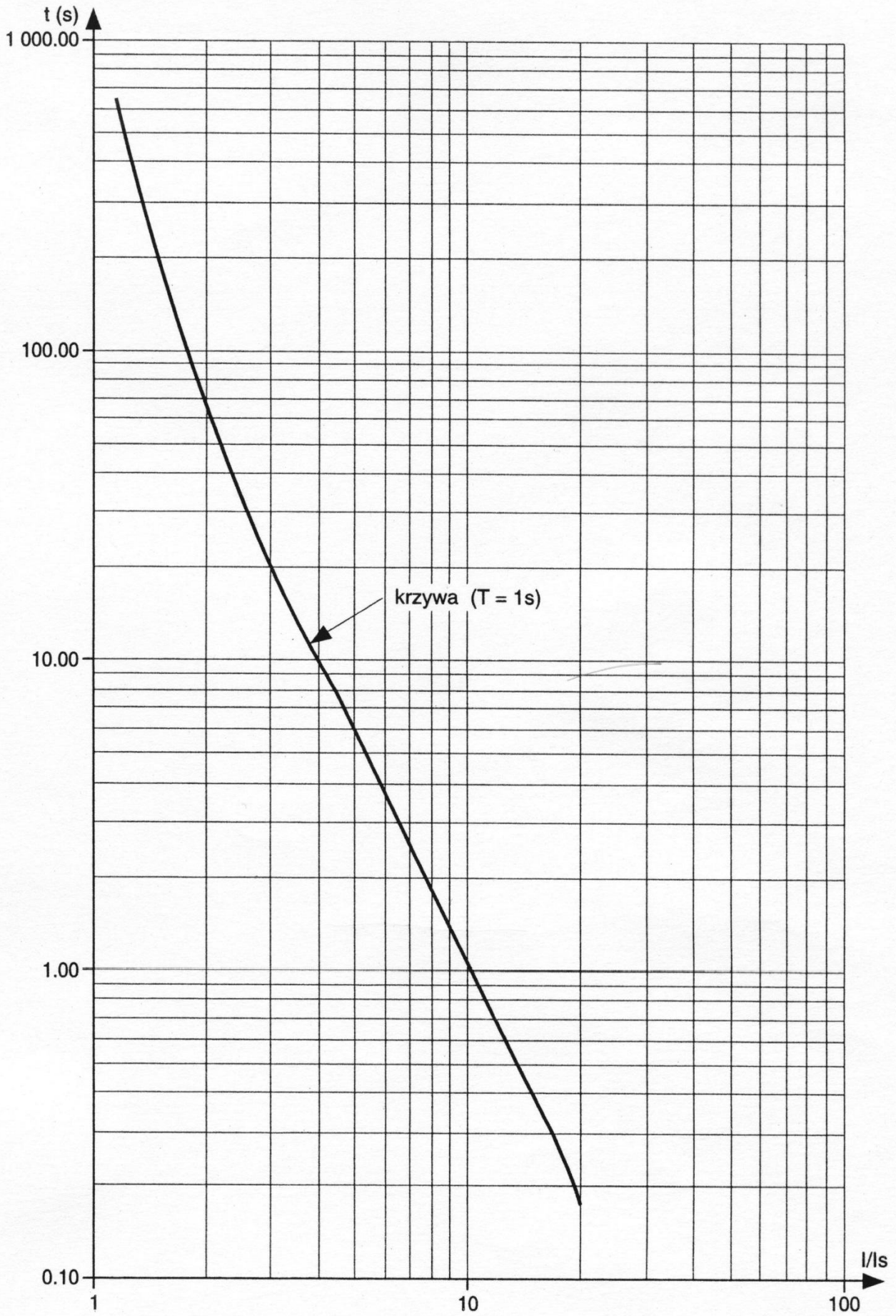
Rys. 1. Krzywa standardowo zależna SIT



Rys. 2. Krzywa bardzo zależna VIT lub krzywa długotrwanie zależna LTI



Rys. 3. Krzywa skrajnie zależna EIT



Rys. 4. Krzywa ultra zależna UIT

Tabela A. Wartości współczynnika k jako funkcji I/I_s oraz rodzaju krzywej wyłączeniowej

I/I_s	SIT	VIT	EIT	UIT	I/I_s	SIT	VIT	EIT	UIT
1.2	12.90	45.00	225.00	545.51	6.6	1.23	1.61	2.33	2.84
1.3	8.96	30.00	143.48	339.84	6.7	1.22	1.58	2.26	2.73
1.4	6.98	22.50	103.13	238.80	6.8	1.21	1.55	2.19	2.63
1.5	5.79	18.00	79.20	179.42	6.9	1.20	1.53	2.12	2.54
1.6	4.99	15.00	63.46	140.74	7.0	1.19	1.50	2.06	2.45
1.7	4.42	12.86	52.38	113.80	7.1	1.18	1.48	2.00	2.36
1.8	3.99	11.25	44.20	94.12	7.2	1.17	1.45	1.95	2.28
1.9	3.65	10.00	37.93	79.22	7.3	1.16	1.43	1.89	2.20
2.0	3.38	9.00	33.00	67.64	7.4	1.15	1.41	1.84	2.13
2.1	3.15	8.18	29.03	58.43	7.5	1.15	1.38	1.79	2.06
2.2	2.97	7.50	25.78	50.98	7.6	1.14	1.36	1.74	1.99
2.3	2.81	6.92	23.08	44.85	7.7	1.13	1.34	1.70	1.93
2.4	2.67	6.43	20.80	39.76	7.8	1.12	1.32	1.65	1.86
2.5	2.55	6.00	18.86	35.46	7.9	1.12	1.30	1.61	1.81
2.6	2.44	5.63	17.19	31.82	8.0	1.11	1.29	1.57	1.75
2.7	2.35	5.29	15.74	28.69	8.1	1.10	1.27	1.53	1.70
2.8	2.27	5.00	14.47	25.99	8.2	1.10	1.25	1.49	1.64
2.9	2.19	4.74	13.36	23.65	8.3	1.09	1.23	1.46	1.60
3.0	2.12	4.50	12.38	21.59	8.4	1.08	1.22	1.42	1.55
3.1	2.06	4.29	11.50	19.79	8.5	1.08	1.20	1.39	1.50
3.2	2.00	4.09	10.71	18.19	8.6	1.07	1.18	1.36	1.46
3.3	1.95	3.91	10.01	16.77	8.7	1.07	1.17	1.33	1.42
3.4	1.90	3.75	9.38	15.51	8.8	1.06	1.15	1.30	1.38
3.5	1.86	3.60	8.80	14.37	8.9	1.05	1.14	1.27	1.34
3.6	1.82	3.46	8.28	13.35	9.0	1.05	1.13	1.24	1.30
3.7	1.78	3.33	7.80	12.43	9.1	1.04	1.11	1.21	1.27
3.8	1.74	3.21	7.37	11.60	9.2	1.04	1.10	1.18	1.23
3.9	1.71	3.10	6.97	10.85	9.3	1.03	1.08	1.16	1.20
4.0	1.68	3.00	6.60	10.16	9.4	1.03	1.07	1.13	1.17
4.1	1.65	2.90	6.26	9.53	9.5	1.02	1.06	1.11	1.14
4.2	1.62	2.81	5.95	8.96	9.6	1.02	1.05	1.09	1.11
4.3	1.59	2.73	5.66	8.44	9.7	1.01	1.03	1.06	1.08
4.4	1.57	2.65	5.39	7.95	9.8	1.01	1.02	1.04	1.05
4.5	1.54	2.57	5.14	7.51	9.9	1.00	1.01	1.02	1.02
4.6	1.52	2.50	4.91	7.10	10.0	1.00	1.00	1.00	1.00
4.7	1.50	2.43	4.69	6.72	10.5	0.98	0.95	0.91	0.88
4.8	1.48	2.37	4.49	6.37	11.0	0.96	0.90	0.83	0.79
4.9	1.46	2.31	4.30	6.04	11.5	0.94	0.86	0.75	0.70
5.0	1.44	2.25	4.13	5.74	12.0	0.92	0.82	0.69	0.63
5.1	1.42	2.20	3.96	5.46	12.5	0.91	0.78	0.64	0.57
5.2	1.41	2.14	3.80	5.19	13.0	0.90	0.75	0.59	0.52
5.3	1.39	2.09	3.65	4.95	13.5	0.88	0.72	0.55	0.47
5.4	1.37	2.05	3.52	4.72	14.0	0.87	0.69	0.51	0.43
5.5	1.36	2.00	3.38	4.50	14.5	0.86	0.67	0.47	0.39
5.6	1.34	1.96	3.26	4.30	15.0	0.85	0.64	0.44	0.36
5.7	1.33	1.91	3.14	4.11	15.5	0.84	0.62	0.41	0.33
5.8	1.32	1.88	3.03	3.94	16.0	0.83	0.60	0.39	0.31
5.9	1.30	1.84	2.93	3.77	16.5	0.82	0.58	0.36	0.29
6.0	1.29	1.80	2.83	3.61	17.0	0.81	0.56	0.34	0.26
6.1	1.28	1.76	2.73	3.47	17.5	0.80	0.55	0.32	0.25
6.2	1.27	1.73	2.64	3.33	18.0	0.79	0.53	0.31	0.23
6.3	1.26	1.70	2.56	3.19	18.5	0.78	0.51	0.29	0.21
6.4	1.25	1.67	2.48	3.07	19.0	0.78	0.50	0.28	0.20
6.5	1.24	1.64	2.40	2.95	19.5	0.77	0.49	0.26	0.19
					20.0	0.76	0.47	0.25	0.18