

URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE – LABORATORIUM

Ćwiczenie 1.

Temat: Badanie mikroprocesorowego zabezpieczenia transformatora energetycznego przed zwarciami z ziemią oraz przed przegrzaniem uzwojeń

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 ziemnozwarciowego.
4. Przeprowadzenie badań zabezpieczenia przed przegrzaniem uzwojeń transformatora.

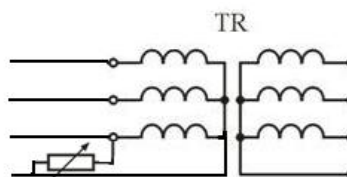
Program ćwiczenia

1. Badanie zabezpieczenia ziemnozwarciowego transformatora o charakterystyce niezależnej.
2. Badanie zabezpieczenia ziemnozwarciowego transformatora o charakterystyce zależnej.
3. Badanie zabezpieczenia przed przekroczeniem dopuszczalnej temperatury uzwojeń.
4. Przeprowadzenie analizy uzyskanych wyników badań.

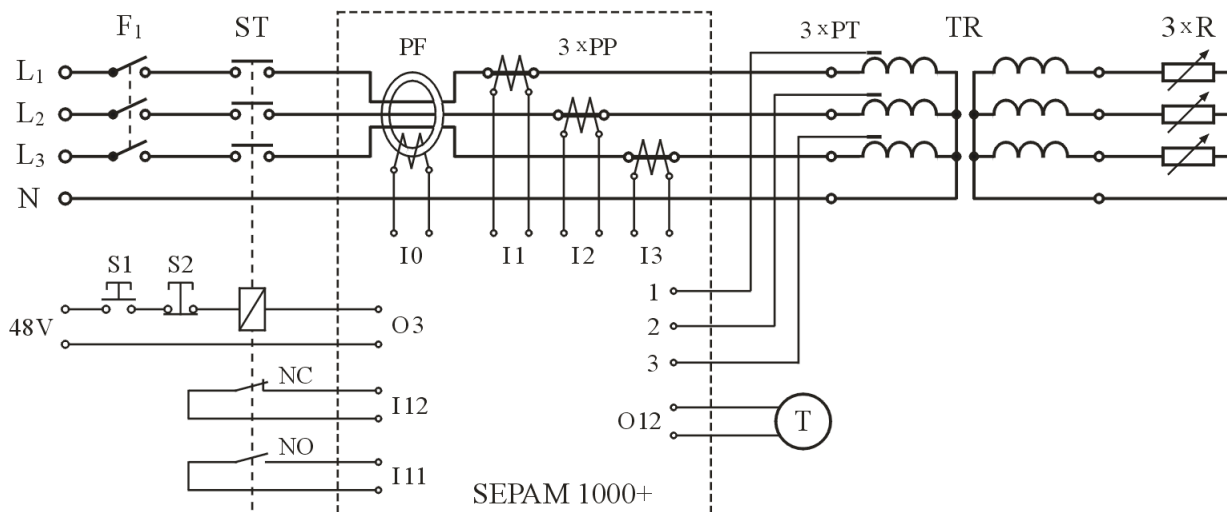
1. Przygotowanie układu probierczo-pomiarowego

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

Dla p.1,2:



Dla p.3



F_1 - wyłącznik zasilania,
 ST - stycznik załączający i wyłączający transformator TR ,
 S_1, S_2 - 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,
 I_0 - wejście logiczne sygnału z przekładnika Ferrantiego PF ,
 I_1, I_2, I_3 - wejścia logiczne sygnałów z przekładników prądowych PP ,
 O_3 - wyjście logiczne sterujące załączaniem i wyłączaniem stycznika ST ,
 I_{11}, I_{12} - wejścia logiczne sygnałów ze styków pomocniczych stycznika ST ,
 PT - przetworniki temperatury ($PT 100$),
 $1, 2, 3$ - wejścia pomiarowe z przetworników temperatury PT ,
 T - czasomierz,
 O_{12} - 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 L_1, L_2, L_3 i N sieci zasilającej, zwracając uwagę na kolory żył przewodu: L_1 - czarny, L_2 - brązowy, L_3 - szary,
- 2) ustawić wyłączniki F_1 i W_1 układu probierczego w pozycji otwartej,
- 3) ustawić sterowanie stycznika w trybie impulsowym - przełącznik S_3 w pozycji 0,
- 4) zakres wyświetlania czasomierza ustawić wstępnie na 9,99 s, używając opcji $MODE$ i klawiszy funkcyjnych 1 - 4. Powrót do wyświetlania wartości bieżącej - przycisk $DISPLAY$,
- 5) zaciski strony wtórnej przekładnika Ferrantiego ($CSH 30$) połączyć z zaciskami „ CSH ” na przedniej ścianie zespołu podstawowego,
- 6) zamknąć wyłącznik W_1 - załączony zostanie $SEPAM$, zapali się czerwona lampka przycisku S_2 ,
- 7) włączyć komputer i uruchomić program $SFT2841$, wybrać opcję „połącz”, w menu $Sepam$ wybrać opcję „identyfikacja” i wprowadzić hasło „0000”, **nie zmieniać hasła**,
- 8) wejść do menu zabezpieczeń (zakładka „zabezpieczenia”) i ustawić wszystkie przekaźniki jako nieaktywne,
- 9) włączyć wentylatory chłodzące oba zespoły grzałek obciążających transformator.

2. Badanie działania zabezpieczenia ziemnozwarciowego o charakterystyce niezależnej

- 1) Połączyć jedną z faz obu zespołów grzałek bezpośrednio do zacisku wejściowego jednego z uzwojeń strony pierwotnej transformatora. Zaciski wyjściowe uzwojeń wtórnych transformatora powinny pozostać otwarte.
- 2) W menu „Zabezpieczenia” wybrać zabezpieczenie „50N/51N-1”, zdefiniować aktywny przekaźnik (wybrać O_3), nie zaznaczać zatrzaśku.
- 3) Nastawić próg prądowy zabezpieczenia $I_S = 5$ A, czas opóźnienia $T = 3$ s oraz rodzaj krzywej wyłączeniowej na „niezależna”.
- 4) W menu „Nastawienia główne” wybrać „Charakterystyka ogólna” a w okienku „Prąd zerowy” wybrać „2A CSH” (pomiar prądu zerowego za pomocą przekładnika Ferrantiego).
- 5) Zmieniając kolejno wartość prądu zerowego poprzez załączanie kolejnych grzałek w zakresie od 250 do 2000 W z krokiem co 250 W, przeprowadzić trzykrotnie próbę działania zabezpieczenia po załączeniu zasilania przyciskiem S_1 . W przypadku, kiedy zabezpieczenie nie zadziała po upływie nastawionego czasu opóźnienia, wyłączyć przyciskiem S_2 napięcie w obwodzie zabezpieczanym. Przerwy między kolejnymi załączeniami powinny wynosić minimum 5 s. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 1.
- 6) W menu „Nastawienia główne”, „Charakterystyka ogólna”, w okienku „Prąd zerowy” wybrać „ I_1, I_2, I_3 ” (pomiar prądu zerowego za pomocą przekładników prądowych). Powtórzyć pomiary zgodnie z procedurą podaną w punkcie 5). Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 2.

- 7) Obliczyć średnie czasy zadziałania zabezpieczenia $t_{d,śr}$ oraz wyznaczyć błąd czasu zadziałania w odniesieniu do zadanego czasu opóźnienia T , zgodnie zależnością (1). Wyniki obliczeń wpisać, odpowiednio, do tabeli 1 i tabeli 2.

$$\Delta t_d = t_{d,śr} - T \quad (1)$$

3. Badanie działania zabezpieczenia ziemnozwarciowego o charakterystyce zależnej

Sprawdzenie krzywej zabezpieczeniowej przez porównanie z charakterystyką wzorcową

- 1) W zakładce „50N/51N-1” wybrać dowolną krzywą zabezpieczeniową zależną (standardowo zależną, bardzo zależną, skrajnie zależną lub ultra zależną).
- 2) Ustawić wartość prądu $I_S = 0,8$ A.
- 3) Badania wykonać dla dwóch, istotnie różniących się od siebie, wartości opóźnienia $T = 2$ s oraz $T = 4$ s.
- 4) Jako sposób pomiaru prądu zerowego wybrać sumowanie magnetyczne w przekładniku Ferrantiego.
- 5) Wykonać próby dla ośmiu kroków zmian mocy grzałek doziemających wybrane uzwojenie pierwotne transformatora, w zakresie od 250 do 2000 W (z krokiem 250 W).
- 6) Zanotować w tabeli 3 i 4 wartości prądów zerowych oraz czasy zadziałania t_d w każdej z prób. W przypadku istotnej różnicy wartości zmierzonego czasu w danej próbie w porównaniu z wynikami w dwóch pozostałych, próbę należy powtórzyć.
- 7) Sporządzić charakterystyki $t_{d,śr}(I_0 / I_S)$ z wyników uzyskanych dla dwóch czasów opóźnienia T i zestawić je na tle charakterystyk wykreślonych na podstawie zależności (2) opisującej krzywe wyłączeniowe IEC oraz współczynników zamieszczonych w poniższej tabeli.

$$t_{d,obl}(I) = \frac{k}{\left(\frac{I_0}{I_S}\right)^\alpha - 1} \cdot \frac{T}{\beta} \quad (2)$$

Tabela A1. Wartości współczynnika k , α oraz β zależnie od rodzaju krzywej wyłączeniowej

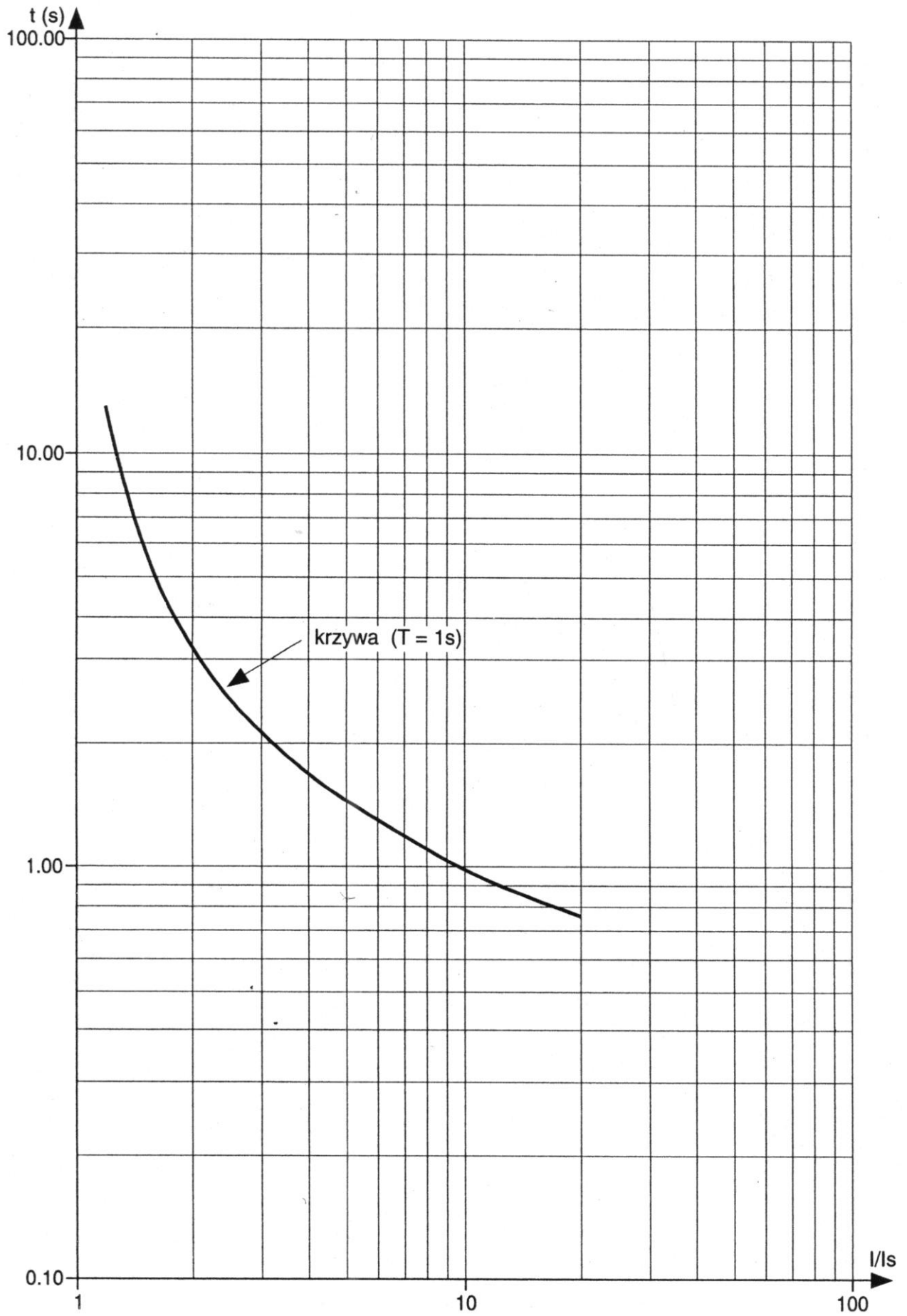
Typ krzywej	k	α	β
standardowo zależna SIT / A	0,14	0,02	2,97
bardzo zależna VIT / B	13,5	1	1,5
skrajnie zależna EIT / C	80	2	0,808
ultra zależna UIT / B	315,2	2,5	1

4. Badanie zabezpieczenia przed przekroczeniem dopuszczalnej temperatury uzwojeń

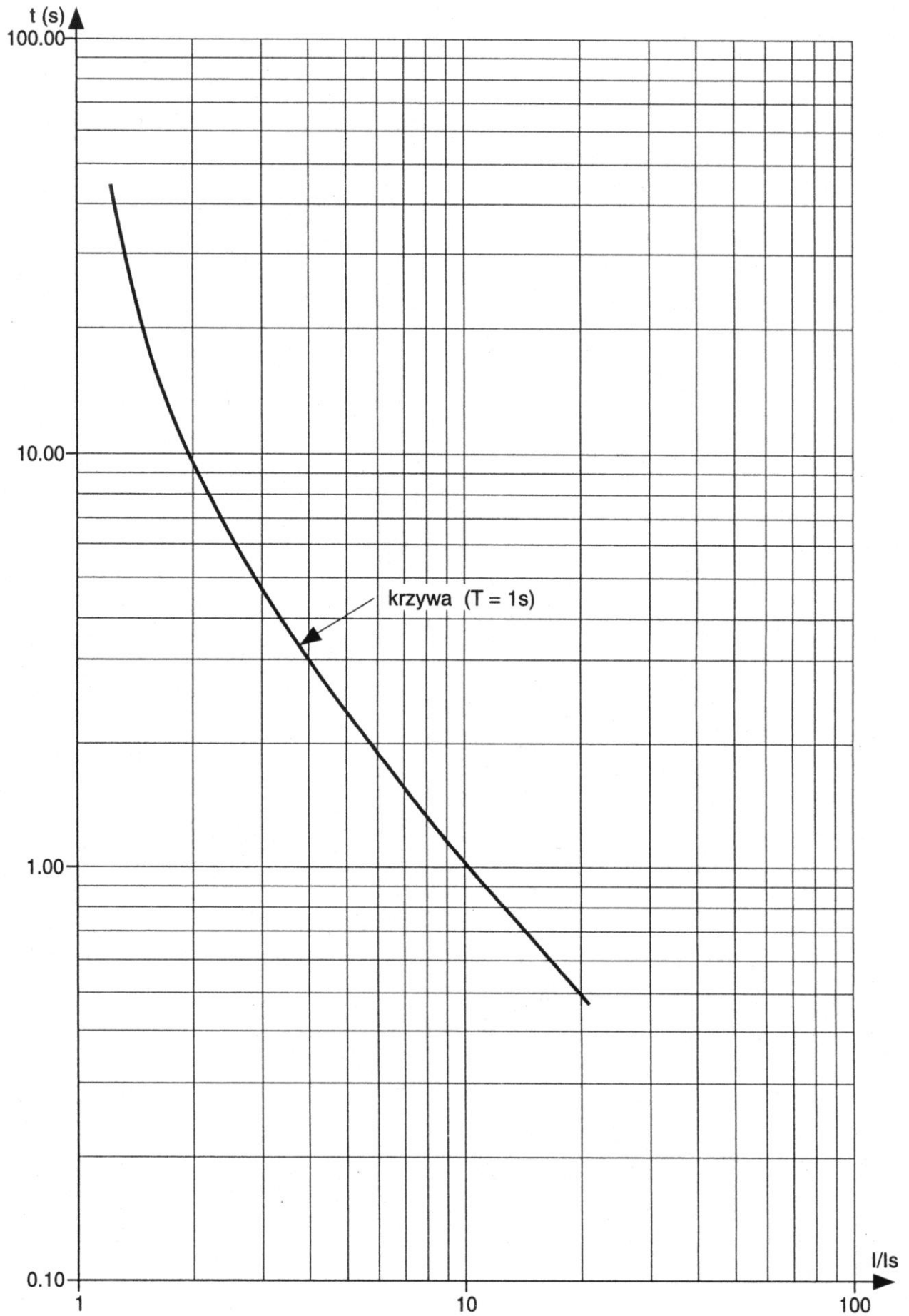
Badanie zabezpieczenia przy różnych sposobach sterowania stycznikiem

- 1) W menu „Zabezpieczenia” wyłączyć zabezpieczenie „50N/51N-1”, a włączyć zabezpieczenie „38/49T-1”. Nastawić temperaturę alarmu na 45 °C, a temperaturę wyłączenia na 50 °C.
- 2) Wybrać sterowanie sygnałem ciągłym (przełącznik S3 w położeniu I), nie zaznaczać zatrzaśku.
- 3) Zmienić zakres pomiarowy czasomierza na __ m __ s i uruchomić go na stałe poprzez zwarcie przewodów łączących wyjścia logiczne O12 z wejściem sygnału wyzwolenia licznika (pozwoli to na pomiar czasu niezależnie od stanu stycznika).
- 4) Przyłączyć odpowiednie sekcje obu zespołów grzałek do właściwych zacisków uzwojeń wtórnych transformatora. Ustawić pełną moc obciążania ($P_{obc} = 2000$ W) i załączyć transformator przyciskiem S1.

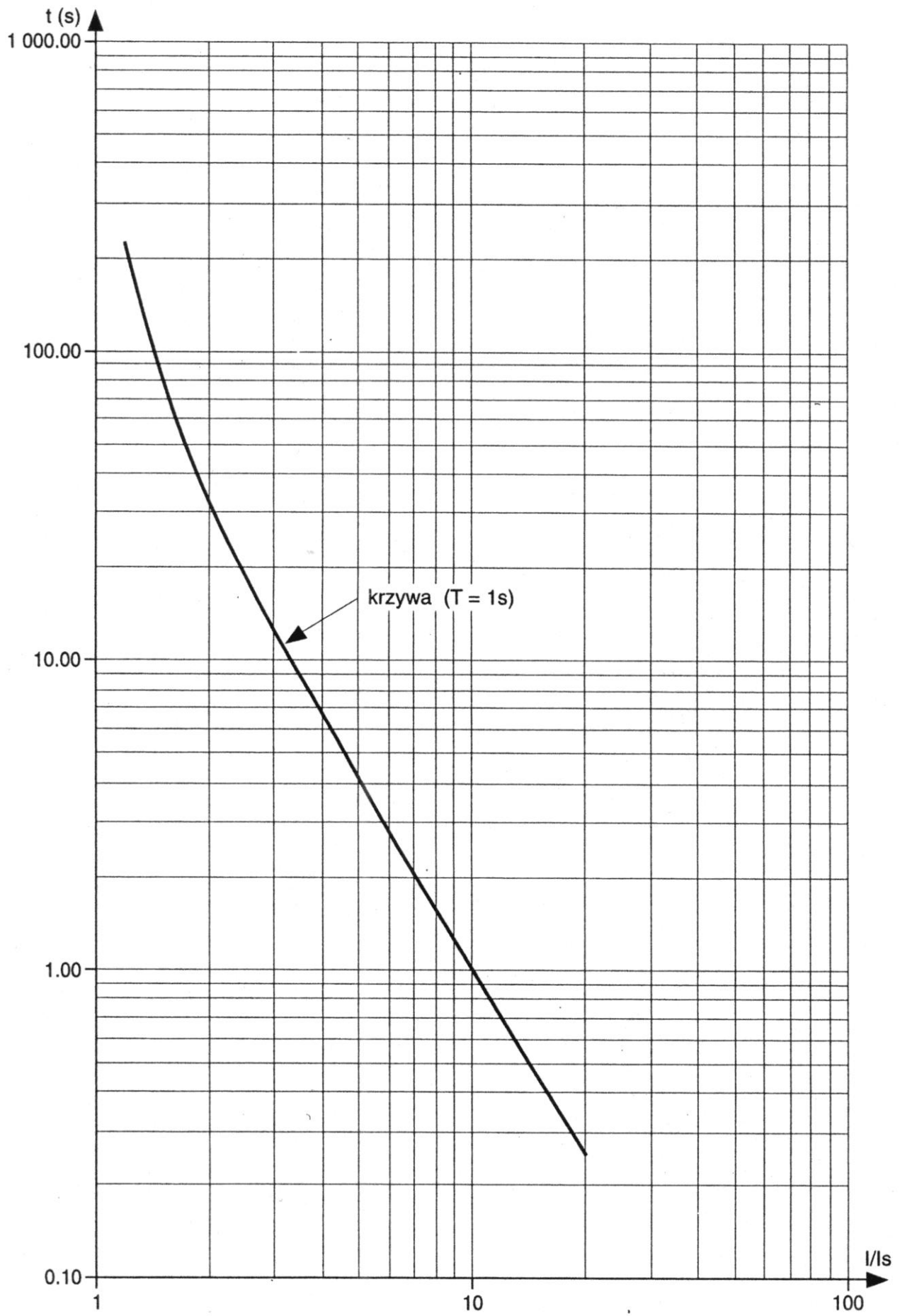
- 5) Notować w tabeli 5 zmiany temperatury we wszystkich trzech uzwojeniach co minutę (zaznaczając czasy pojawienia się alarmu, czasy wyłączenia i ponownego załączenia zabezpieczanego transformatora).
- 6) Pomiary zakończyć po trzecim wyłączeniu transformatora.
- 7) Sporządzić wykresy zmian temperatury uzwojeń wszystkich trzech faz transformatora.
- 8) Porównać zaobserwowane działanie zabezpieczenia do zachowania się układu przy sterowaniu impulsowym (przełącznik S3 w położeniu 0) oraz aktywnej opeji „zatrask”.



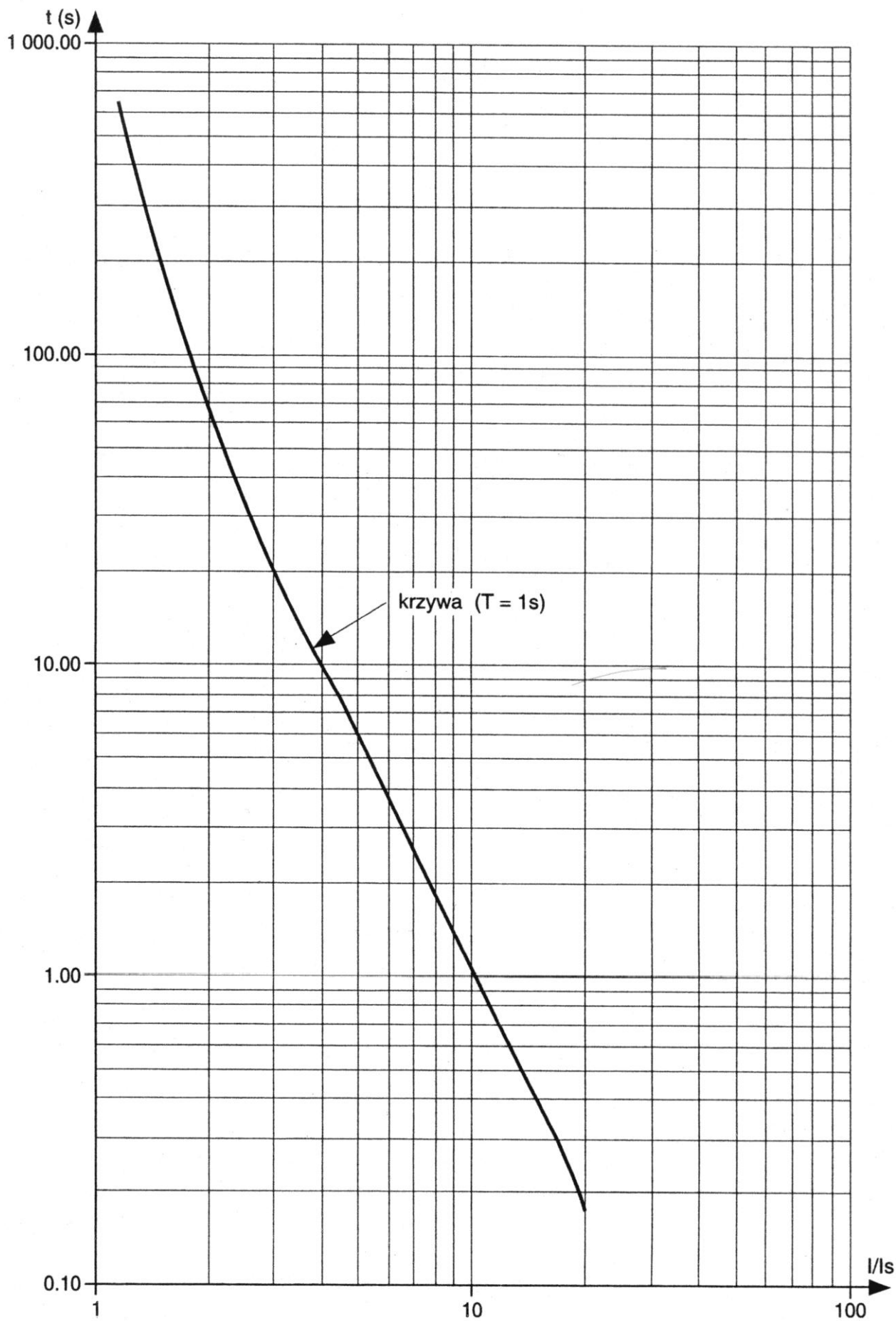
Rys. 1. Krzywa standardowo zależna SIT



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



Rys. 3. Krzywa skrajnie zależna EIT



Rys. 4. Krzywa ultra zależna UIT

Tabela A2. 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