

NELLI CHWOJNICKA

Katedra Elektroniki Przemysłowej

ZASTOSOWANIE TEORII PRAWDOPODOBIENSTWA I STATYSTYKI
MATEMATYCZNEJ DO OBLICZENIA UCHYBU STABILIZATORA PRĄDU STAŁEGO

Streszczenie. W artykule wyprowadzono zależność prądu wyjściowego stabilizatora od napięć zasilających i elementów układu.

W oparciu o uzyskane wyrażenie na prąd przeprowadzono analizę uchybu stabilizatora na podstawie teorii prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej.

1. Wstęp

W chwili obecnej teoria prawdopodobieństwa znajduje szerokie zastosowanie praktyczne w różnych dziedzinach nauki i techniki. W szczególności zastosowanie praw i formuł opartych na teorii prawdopodobieństwa do analizy uchybów w pomiarowych przyrządach elektronicznych pozwala na uzyskanie pewnych i dokładnych wyników potwierdzonych przez doświadczenie.

Zasadę takiej analizy można krótko scharakteryzować w sposób następujący:

Wyznaczenie całkowitego (sumarycznego) uchybu urządzenia pomiarowego odbywa się na zasadzie kolejnych etapów:

1. Znalezienie funkcjonalnej zależności między wielkością wyjściową Y przyrządu a wielkościami pierwotnymi X_1, X_2, \dots, X_n (argumenty).
2. Wyprowadzenie zależności pomiędzy uchybem wielkości wyjściowej (uchyb całkowity) i uchybami argumentów.
3. Podział składowych uchybu sumarycznego na uchyby elementarne, złożone z uchybów spowodowanych starzeniem, zmianami, temperatury, częstotliwości itd.

W trakcie analizy ustala się prawa rozkładu prawdopodobieństwa wszystkich grup uchybów na podstawie danych statystycznych oraz praw rachunku prawdopodobieństwa.

Uchyb całkowity względny urządzenia składa się z wartości średniej arytmetycznej (nadzieja matematyczna) uchybu sumarycznego oraz jego średniej kwadratowej i oblicza się według wzoru [1]

$$\delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n N_i M_i \pm \alpha_{\Sigma} \sqrt{\sum (N_i k_i \delta_i)^2} \quad (1)$$

gdzie:

$N_i = \frac{\partial f}{\partial X_i} \cdot \frac{X_i}{f}$ - współczynnik wpływu zmian argumentu X_i na wielkość zmiany funkcji $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$,

M_i - nadzieja matematyczna uchybu i-tego elementu,

α_{Σ} - współczynnik określony zadany prawdopodobieństwem p oraz rozkładem gęstości prawdopodobieństwa uchybu całkowitego.

p - jest prawdopodobieństwem zdarzenia polegającego na tym, że uchyb całkowity nie przekroczy granic przedziału $\pm \delta_{\Sigma}$, wewnątrz którego on się znajduje. Stąd p jest prawdopodobieństwem z którym możemy zaufać wynikowi obliczeń, zwany ufnością,

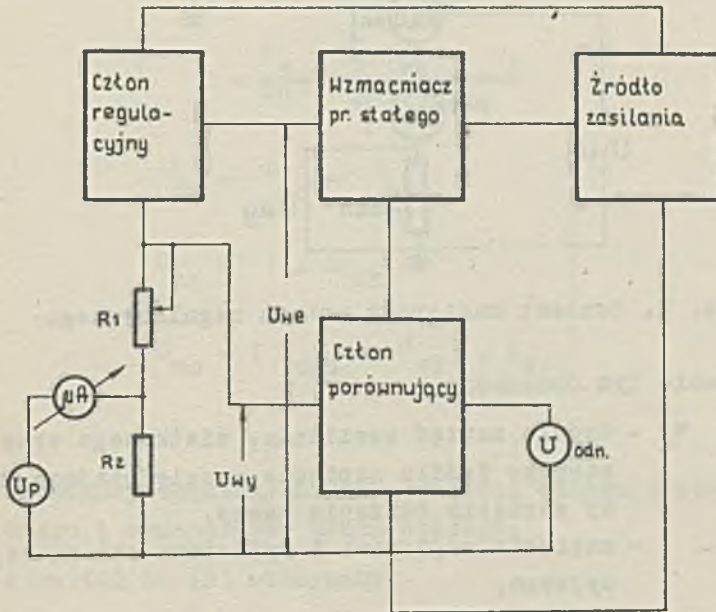
K_i - współczynnik względnego rozproszenia rozkładu gęstości prawdopodobieństwa uchybu i-tej wielkości w dopuszczalnych granicach,

δ_i - wartość dopuszczalna (graniczna) względnego uchybu i-tej wielkości.

Przeprowadzimy analizę uchybu całkowitego na przykładzie konkretnego urządzenia - stabilizatora prądu stałego o dużej dokładności.

2. Schemat strukturalny stabilizatora prądu

Na rys. 1 przedstawiono schemat strukturalny stabilizatora prądu.

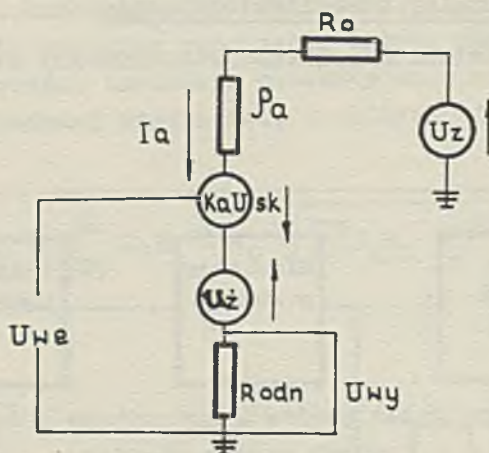


Rys. 1. Schemat strukturalny stabilizatora prądu

Wprowadzono następujące oznaczenia:

- U_{odn} - źródło napięcia odniesienia,
 U_p - źródło napięcia porównawczego w kompensacyjnym układzie pomiaru prądu,
 $R_{odn} = R_1 + R_2$ - rezystancja odniesienia wypadkowa oporników R_1, R_2 .

Dla wyprowadzenia równania stabilizatora prądu skorzystamy ze schematu zastępczego (rys. 2) członu regulacyjnego, który stanowi wzmacniacz lampowy z opornikiem katodowym [2].



Rys. 2. Schemat zastępczy członu regulacyjnego

W schemacie tym oznaczono

- U_z, U_{sk}, u_z - źródła napięć zasilania, siatkowego oraz zastępcze źródło napięcia uwzględniające zmiany napięcia żarzenia lampy,
 U_{we}, U_{wy} - napięcia wejściowe i wyjściowe członu regulacyjnego,
 K_a - współczynnik amplifikacji lampy regulacyjnej (trioda),
 ρ_a - rezystancja wewnętrzna lampy,
 R_o - rezystancja obciążenia.

Według [2]

$$u_z = - \left. \frac{\partial u_k}{\partial u_z} \right|_{i_a = \text{const}} \cdot \Delta u_z \quad (2)$$

gdzie:

u'_z - napięcie żarzenia lampy,

u_k - potencjał katody lampy regulacyjnej.

Równanie prądu dla przedstawionego wyżej schematu zastępczego można napisać w postaci następującej:

$$I = \frac{U_z + K_a U_{sk} - u'_z}{R_o + \rho_a + R_{odn}} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} U_{sk} &= U_{we} - U_{wy} \\ U_{wy} &= I \cdot R_{odn} \\ U_{we} &= (U_{odn} - U_{wy}) \cdot K_u \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

gdzie:

K_u - wypadkowy współczynnik wzmożenia członu porównawczego i wzmacniacza prądu stałego.

Podstawiając (4) do (3) otrzymamy

$$I = \frac{U_z + U_{odn} \cdot K_u K_a - u'_z}{R_o + \rho_a + R_{odn} \cdot (K_u K_a + K_a + 1)} \quad (5)$$

Prąd rozpatrywanego stabilizatora wykorzystuje się w dokładnych pomiarach, dlatego uchyb wielkości prądu wpływa bezpośrednio na wynik pomiaru.

Dokładność stabilizacji prądu określa się w głównej mierze stałością napięcia porównawczego U_p oraz rezystancji R_2 , które wraz ze wskaźnikiem zera pozwalają zrealizować kontrolę wielkości prądu stabilizatora. Wpływ innych źródeł uchybu, jak na przykład zmiany napięcia zasilania, niestałość elementów i parametrów układu, może być usunięty z dokładnością określoną

ozułością przyrządu kontrolnego (wskaźnika zera) przy regulacji prądu stabilizatora opornikiem zmiennym R_1 przed przeprowadzeniem kolejnego pomiaru. Kontrola wielkości U_p powinna odbywać się okresowo. Przy tym uchyb prądu spowodowany niestabilnością napięcia porównawczego będzie usunięty z dużą dokładnością zmianą oporu R_2 do nowej wielkości odpowiadającej powtórnie zmierzonej wartości U_p według wzoru

$$R_2 = \frac{U_p}{I}$$

Na podstawie powyższych rozważań wprowadzimy do obliczenia dwie składowe uchyby całkowitego prądu:

δ_{ID} - składowa "długotrwała" czyli uchyb prądu narastający w czasie między dwiema kolejnymi kontrolami źródła napięcia porównawczego,

δ_{IK} - składowa "krótkotrwała" czyli uchyb prądu powstający w czasie pomiaru.

3. Składowa krótkotrwała uchybu całkowitego δ_{IK}

Na podstawie równ. (1) wzór dla wartości granicznej uchybu względnego δ_{Ik} można przedstawić w następującej postaci.

$$\begin{aligned} \delta_{Ik} = M_{Ik} \pm \alpha_{Ik} & \sqrt{(N_{U_z} \cdot K_{U_z} \cdot \delta_{U_z})^2 +} \\ & \sqrt{(N_{U_{odn}} \cdot K_{U_{odn}} \cdot \delta_{U_{odn}})^2 + (N_{u_z} \cdot k_{u_z} \cdot \delta_{u_z})^2 +} \\ & \sqrt{(N_{R_{odn}} \cdot K_{R_{odn}} \cdot \delta_{R_{odn}})^2 + (N_{R_o} \cdot K_{R_o} \cdot \delta_{R_o})^2 +} \\ & \sqrt{(N_{\varphi_a} \cdot K_{\varphi_a} \cdot \delta_{\varphi_a})^2 + (N_{k_u} \cdot K_{k_u} \cdot \delta_{k_u})^2 +} \\ & \sqrt{(N_{k_a} \cdot K_{k_a} \cdot \delta_{k_a})^2} \end{aligned} \quad (6)$$

gdzie:

- M_{Ik} - oalkowita nadzieja matematyczna składowej krótkotrwałej uchybu prądu składająca się z sumy nadziei matematycznych uchybów wielkości $U_z, U_{odn}, u_z, R_{odn}, R_o, \varphi_a, K_u, K_a$,
- $N_{U_z}, N_{U_{odn}}, N_{u_z}, N_{R_{odn}}, N_{R_o}, N_{\varphi_a}, N_{k_u}, N_{k_a}$ - współczynniki wpływu zmian wielkości $U_z, U_{odn}, u_z, R_{odn}, R_o, \varphi_a, k_u, k_a$ odpowiednio na zmianę I ,
- $\delta_{U_z}, \delta_{U_{odn}}, \delta_{u_z}, \delta_{R_{odn}}, \delta_{R_o}, \delta_{\varphi_a}, \delta_{k_u}, \delta_{k_a}$ - względne wartości graniczne składowych uchybu prądu spowodowane zmianami wielkości $U_z, U_{odn}, u_z, R_{odn}, R_o, \varphi_a, k_u, k_a$ odpowiednio,
- $K_{U_z}, K_{U_{odn}}, K_{u_z}, K_{R_{odn}}, K_{R_o}, K_{\varphi_a}, K_{k_u}, K_{k_a}$ - współczynniki względnego rozproszenia rozkładu gęstości prawdopodobieństwa uchybów $\delta_{U_z}, \delta_{U_{odn}}, \delta_{u_z}, \delta_{R_{odn}}, \delta_{R_o}, \delta_{\varphi_a}, \delta_{k_u}, \delta_{k_a}$ odpowiednio.

Wyznaczymy wartości współczynników wpływu składowych uchybu prądu.

$$N_{U_z} = \frac{\partial I}{\partial U_z} \cdot \frac{U_z}{I}, \quad N_{U_{odn}} = \frac{\partial I}{\partial U_{odn}} \cdot \frac{U_{odn}}{I}$$

$$N_{u_z} = \frac{\partial I}{\partial u_z} \cdot \frac{u_z}{I}, \quad N_{R_{odn}} = \frac{\partial I}{\partial R_{odn}} \cdot \frac{R_{odn}}{I},$$

$$N_{R_0} = \frac{\partial I}{\partial R_0} \cdot \frac{R_0}{I}, \quad N_{\varphi_a} = \frac{\partial I}{\partial \varphi_a} \cdot \frac{\varphi_a}{I},$$

$$N_{k_u} = \frac{\partial I}{\partial k_u} \cdot \frac{k_u}{I}, \quad N_{k_a} = \frac{\partial I}{\partial k_a} \cdot \frac{k_a}{I}.$$

Różniczkujemy wyżej podane wyrażenie podstawiając wartość I z równ. (5).

Po przekształceniach zakładając, że $U_{odn} k_u k_a \gg U_z$, oraz $R_{odn} (k_u k_a + k_a + 1) \gg R_0 + \varphi_a$ otrzymamy

$$N_{U_z} = \frac{U_z}{U_z + U_{odn} k_u k_a - u_z} \cong 0,$$

$$N_{U_{odn}} = \frac{U_{odn} k_u k_a}{U_z + U_{odn} k_u k_a - u_z} \cong 1,$$

$$N_{u_z} = - \frac{u_z}{U_z + U_{odn} k_u k_a - u_z} \cong 0,$$

$$N_{R_{odn}} = - \frac{R_{odn} (k_u k_a + k_a + 1)}{R_0 + \varphi_a + R_{odn} (k_u k_a + k_a + 1)} \cong -1,$$

$$N_{R_0} = - \frac{R_0}{R_0 + \varphi_a + R_{odn} (k_u k_a + k_a + 1)} \cong 0,$$

$$N_{\varphi_a} = - \frac{\varphi_a}{R_0 + \varphi_a + R_{odn} (k_u k_a + k_a + 1)} \cong 0,$$

$$N_{k_u} = \frac{U_{odn} k_u k_a}{U_z + U_{odn} k_u k_a - u_z} - \frac{R_{odn} k_u k_a}{R_0 + \varphi_a + R_{odn} (k_u k_a + k_a + 1)} \cong 0,$$

$$N_{Ka} = \frac{U_{odn} K_u K_a}{U_z + U_{odn} K_u K_a - u_z} - \frac{R_{odn} K_a (K_u + 1)}{R_o + \rho a + R_{odn} (K_u K_a + K_a + 1)} \cong$$

$$\cong 0.$$

Podstawiając wartości współczynników wpływu do równ. (6) otrzymamy

$$\delta_{I_k} = M_{I_k} \pm \alpha_{I_k} \sqrt{K_{U_{odn}}^2 \cdot \delta_{U_{odn}}^2 + K_{R_{odn}}^2 \delta_{R_{odn}}^2} \quad (7)$$

W wyrażeniu (7) można pominąć wielkość $\delta_{R_{odn}}$, ponieważ zmiany R_{odn} w czasie trwania pomiaru są znikome, zaś wpływ zmian R_{odn} za dłuższy okres czasu na wielkość prądu I kompensuje się przy regulacji prądu przed rozpoczęciem pomiaru.

Stąd $\delta_{R_{odn}} \cong 0$.

Uwzględniając, że $\delta_{R_{odn}} = 0$ wzór (7) przybierze postać:

$$\delta_{I_k} = M_{I_k} \pm \alpha_{I_k} K_{U_{odn}} \cdot \delta_{U_{odn}} \quad (7a)$$

Głównym źródłem uchybu napięcia odniesienia U_{odn} w czasie trwania pomiaru jest niestałość poziomu napięcia odniesienia oraz zmiany parametrów lampy wejściowej osłonu porównującego w czasie.

Przy tym pojedyncze wartości uchybu wielkości U_{odn} są jednakowo możliwe w przedziale $\pm \delta_{U_{odn}}$. Dlatego rozkład uchybu napięcia odniesienia został przyjęty jako symetryczny równomierny. Dla tego przypadku $K_{U_{odn}} = 0,58$ $M_{I_k} = 0$ [1].

α_{I_k} znajdujemy w tabeli 5 [1] dla przypadku gdy wśród uchybów przypadkowych ma miejsce uchyb dominujący, którego rozkład jest równomierny.

Z ufnością równą na przykład $p = 0,9973$ przy

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_F} = 1 \quad \text{mamy} \quad \alpha_{I_k} = 1,73$$

σ_1 - średni uchyb kwadratowy o rozkładzie równomiernym,

σ_F - średni uchyb kwadratowy rozpatrywanego zbioru uchybów łącznie z równomiernym.

Po podstawieniu wartości M_{I_k} , α_{I_k} oraz $k_{U_{odn}}$ do równ. (7) otrzymamy

$$\delta_{I_k} \cong \pm \delta_{U_{odn}} \quad (8)$$

4. Składowa długotrwała uchybu prądu

Dokładna wartość prądu ustala się względem źródła napięcia porównawczego zgodnie z wyrażeniem

$$I = \frac{U_p \pm U_w}{R_2} \quad (9)$$

gdzie:

U_w - spadek napięcia na wskaźniku zera.

Wartość graniczna składowej długotrwałej uchybu względnego prądu

$$\delta_{ID} = M_{ID} \pm \alpha_{ID} \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial U_p} \cdot \frac{U_p}{I} \cdot k_{U_p} \cdot \delta_{U_p}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial U_w} \cdot \frac{U_w}{I} \cdot k_w \cdot \delta_w\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial R_2} \cdot \frac{R_2}{I} \cdot k_{R_2} \cdot \delta_{R_2}\right)^2} \quad (10)$$

gdzie:

- M_{ID} - nadzieja matematyczna składowej długotrwałej uchybu prądu,
 $\delta_{U_p}, \delta_{R_2}, \delta_w$ - wartości graniczne uchybów źródła napięcia porównawczego, opornika R_2 oraz przyrządu zerowego odpowiednio,
 K_{U_p}, K_{R_2}, K_w - współczynniki względnego rozproszenia rozkładów prawdopodobieństwa uchybów $\delta_{U_p}, \delta_{R_2}$, i δ_w odpowiednio.

Znajdziemy współczynniki wpływu składowych uchybów na wielkość δ_{ID} .

$$N_p = \frac{\partial I}{\partial U_p} \cdot \frac{U_p}{I}, \quad N_w = \frac{\partial I}{\partial U_w} \cdot \frac{U_w}{I}, \quad N_{R_2} = \frac{\partial I}{\partial R_2} \cdot \frac{R_2}{I}$$

Uwzględniając, że $U_p \gg U_w$ (wielkość U_w można pominąć w porównaniu z U_p) po zróżniczkowaniu i przekształceniach otrzymamy.

$$N_p \cong 1, \quad N_w \cong 0, \quad N_{R_2} \cong -1.$$

Ponieważ każda składowa uchybu δ_{ID} zależy od dużej ilości uchybów elementarnych spowodowanych takimi przyczynami jak na przykład wahania temperatury otoczenia, zmiany napięcia sieci, wilgotności itd. przypuszczamy, że rozkład prawdopodobieństwa uchybów składowych jest normalny, symetryczny względem zera. Stąd wynika, że rozkład prawdopodobieństwa uchybu sumarycznego δ_{ID} będzie również normalny i symetryczny dla którego mamy

$$M_{ID} = 0, \quad \alpha_{ID} = 3, \quad K_{U_p} = K_{R_2} = 0,33$$

Po podstawieniu tych wartości do wyrażenia (10) otrzymamy

$$\delta_{ID} \cong \pm \sqrt{\delta U_p^2 + \delta R_2^2} \quad (11)$$

5. Uchyb całkowity prądu stabilizatora

Uchyb całkowity prądu określimy według wzoru

$$\delta_I = M_I \pm \alpha_I \sqrt{(\delta_{Ik} \cdot K_{Ik})^2 + (\delta_{ID} \cdot K_{ID})^2} \quad (12)$$

gdzie:

M_I - nadzieja matematyczna uchybu całkowitego,
 K_{ID}, K_{Ik} - współczynniki rozproszenia rozkładów prawdopodobieństwa uchybów δ_{ID}, δ_{Ik} ,

Ze względu na to, że rozkłady prawdopodobieństwa składowych uchybu całkowitego są normalne symetryczne względem zera, uchyb całkowity δ_I ma również rozkład normalny i symetryczny. Stąd mamy $M_I = 0$ $\alpha_I = 3$ $K_{ID} = K_{Ik} = 0,33$.

Po uwzględnieniu (8), (11) oraz wartości współczynników wyrażenie (12) przybierze postać

$$\delta_I = \pm \sqrt{\delta_{U_{odn}}^2 + \delta_{U_p}^2 + \delta_{R_2}^2} \quad (13)$$

Niezbędne do obliczenia δ_I wartości składowych uchybów granicznych powinny być zadane względnie pomierzone.

Przykład

Podstawiając wartości uchybów $\delta_{U_{odn}}$, δ_{U_p} i δ_{R_2} do wzoru (13) obliczymy granice przedziału $\pm \delta_I$ uchybu całkowitego prądu stabilizatora dla poziomu ufności $p = 0,9973$.

Wartość uchybu $\delta_{U_{odn}}$ zależy od niestałości poziomu napięcia odniesienia oraz zmiany parametrów lampy wejściowej członu porównującego w czasie. Źródłem napięcia odniesienia jest stabiltron gazowany CF - 201C o napięciu stabilizacji równym 90 V. Jako lampa wejściowa członu porównującego została wykorzystana podwójna trioda 6H2П.

Dryft stabilizatorów gazowanych wynosi przeciętnie $0,24 \frac{mV}{min}$ [5].

Dryft różnicowy podwójnej triody typu 6 H9C wynosi $\pm (7 - 20) \frac{\mu V}{min}$ [6].

Przyjmujemy orientacyjnie, że dryft lamp typu 6 H2П zawiera się w tych samych granicach.

Wielkość uchybu względnego $\delta_{U_{odn}}$ w czasie pomiaru (przyjmujemy czas trwania pomiaru równy 15 min) wyniesie

$$\delta_{U_{odn}} = \pm \frac{0,24 \cdot 10^{-3} + 0,02 \cdot 10^{-3}}{90} \cdot 15 \cdot 100 \cong 0,004\%$$

Jako źródło napięcia porównawczego wykorzystano diodę Zenera typu D 818 E o nominalnej wartości napięcia stabilizacji (U_p) rzędu 9v.

Na podstawie badań dryftu danego egzemplarza diody typu D 818 E ustalono, że niestabilność napięcia U_p włącznie z niedokładnością metody pomiarowej nie przekracza 0,02% czyli $\delta_{U_p} = 0,02\%$.

Rezystancja R_2 stanowi wzorec rezystancji P 331 o nominalnej wartości oporności $R'_2 = 1000\Omega$ i dokładności $\delta_{R'_2} = \pm 0,01\%$ zabezpieczony opornikiem nawiniętym drutem manganinowym o wartości nominalnej $R''_2 = 8418\Omega$ i dokładności $\delta_{R''_2} = \pm 0,05\%$.

Wartość graniczna uchybu oporności R_2 określa się według wzoru

$$\delta_{R_2} = \pm \alpha_{R_2} \sqrt{\left(\frac{\partial R_2}{\partial R'_2} \cdot \frac{R'_2}{R_2} \cdot K_{R'_2} \cdot \delta_{R'_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial R_2}{\partial R''_2} \cdot \frac{R''_2}{R_2} \cdot K_{R''_2} \cdot \delta_{R''_2}\right)^2} \quad (14)$$

Zakładamy, że rozkład gęstości prawdopodobieństwa uchybów wielkości R'_2 i R''_2 jest normalny i symetryczny względem zera, a stąd wynika, że rozkład uchybu wielkości R_2 jest taki sam. Symetrycz-

ność rozkładów δ_{R_2}' , i δ_{R_2}'' wynika z normalnych i stałych warunków pracy elementów R_2' i R_2'' .

Stąd

$$K_{R_2}' = K_{R_2}'' = 0,33$$

$$\alpha_{R_2} = 3 \quad \text{dla} \quad p = 0,9973$$

Po zróżniczkowaniu, przekształceniach i podstawieniu wartości współczynników K_{R_2}' , K_{R_2}'' i α_{R_2} otrzymamy ostateczny wzór na uchyb δ_{R_2} :

$$\delta_{R_2} = \pm \sqrt{\left(\frac{R_2''}{R_2' + R_2''} \cdot \delta_{R_2}'\right)^2 + \left(\frac{R_2'}{R_2' + R_2''} \cdot \delta_{R_2}''\right)^2} \quad (14a)$$

Po podstawieniu do wzoru (14a) danych liczbowych otrzymamy

$$\delta_{R_2} \cong \pm 0,014\%$$

W celu umożliwienia okresowej regulacji wartości R_2 część opornika R_2' została wykonana jako opór zmienny.

Uzyskane wartości δ_{R_2} , $\delta_{U_{odn}}$, δ_{U_p} możemy teraz wykorzystać do obliczenia uchybu δ_I według wzoru (13)

$$\delta_I \cong \pm 0,025\%$$

Uzyskana wartość δ_I oznacza przy $p = 0,9973$ i normalnym rozkładzie gęstości prawdopodobieństwa praktyczne granice zmienności tego uchybu.

6. Wnioski

1. Analiza uchybów prądu stabilizatora przeprowadzona w niniejszej pracy jest uproszczona i nie zawiera podziału uchybów

wielkości pierwotnych na uchyby elementarne, ponieważ potrzebne nam wartości graniczne uchybów pierwotnych, a mianowicie uchyby elementów układu podaje się w katalogach.

W przypadku braku niektórych z uchybów granicznych elementów układu w odpowiedniej literaturze należy obliczyć je korzystając z uchybów elementarnych uzyskanych drogą pomiarów.

2. Brak danych statystycznych spowodował wybór rozkładów prawdopodobieństwa poszczególnych uchybów uzasadniony jedynie rozważaniem teoretycznym, co w pewnym stopniu (20% w przybliżeniu zgodnie z 1) obniża dokładność końcowego wyniku.

3. Wielkość uchybu oalkowitego zależy jak to widać z przebiegu analizy od wybranej wartości ufności p .

Wybór p powinien zapewnić rozsądny związek dokładności oraz ekonomiczności przyrzędu.

LITERATURA

- [1] Rabinowicz B.E. - Metodika summirowania czastnych pogriessnostiej w obłasti radiotiechniczeskich izmierienij, "Woprosy radioelektroniki" 1961, Wypusk 4.
- [2] Gibson J.E., Tuteur F.B. - Człony układów regulacji. Wydawnictwa naukowo-techniczne, Warszawa 1961
- [3] Wientcel E.A. - Teoria wjerojatnostiej, Moskwa 1962.
- [4] Łapiński M. - Miernictwo elektryczne. Wydawnictwa naukowo-techniczne, Warszawa 1967.
- [5] Sanin A.A. - Elektronnyje pribory jadiernoj fiziki, Moskwa 1961.
- [6] Erglis K.E., Stiepanienko I.P.- Elektronnyje usilitieli, Moskwa 1964.

Rękopis złożono w Redakcji w dniu 15.7.1968 r.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ
ДЛЯ РАСЧЁТА ШИБКИ СТАБИЛИЗАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р е з ю м е

В статье выведена зависимость выходного тока стабилизатора от напряжений питания и элементов схемы. При помощи полученной формулы тока и на основании законов теории вероятностей и математической статистики произведён анализ ошибки стабилизатора.

APPLICATION OF STATISTIC AND PROBABILITY MATHEMATICS FOR
DETERMINATION THE ERROR OF CONSTANT CURRENT REGULATOR

S u m m a r y

The article contains the derivation of formula for constant current regulator output current in function of its components and supply voltages. On this base, by means of probability mathematics, the error analysis of constant current regulator was done.