

Zastosowanie światłowodowego interferometru różnicowego w pomiarach natężenia prądu elektrycznego

Mariusz Ginter

Politechnika Świętokrzyska, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

Streszczenie: Artykuł prezentuje czujnik prądu elektrycznego zbudowany ze światłowodowego interferometru różnicowego wykorzystujący efekt Faradaya we włóknie jednomodowym. Został on użyty do pomiaru przebiegów prądu o dużych amplitudach i częstotliwości sieciowej. Czujnik optyczny nie wprowadza dodatkowej rezystancji i indukcyjności. Elementem magnetoczułym jest światłowodowa cewka wykonana z kwarcowego jednomodowego włókna telekomunikacyjnego. Światłowód, w którym rdzeń jest skręcony dookoła swojej osi, charakteryzuje się małym wpływem wielkości zakłócających, tj. drgań mechanicznych i zmian ciśnienia na pracę interferometru różnicowego poprzez indukowanie we włóknie szklanym dwójłomności liniowej. Zaproponowano sposoby eliminacji wielkości wpływowych na działanie światłowodowego czujnika prądu przez zmniejszenie dwójłomności liniowej indukowanej w światłowodzie od tych wielkości. Wykreślono zależność znormalizowanego natężenia światła w układzie podstawowym i z lustrem na końcu światłowodu. Zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych rozwiązania konstrukcyjnego interferometru różnicowego bazującego na efekcie Faradaya, pracującego na długości fali 1550 nm. Zrealizowano pomiary prądu sinusoidalnego o częstotliwości 50 Hz i o amplitudach z zakresu 100–1500 A. Wyznaczono niepewność pomiaru amplitudy prądu elektrycznego w zakresie wartości mierzonych, którą oszacowano na wartość nie większą niż 1,5 %.

Słowa kluczowe: światłowodowy czujnik prądu, pomiar prądu, efekt Faradaya, dwójłomność liniowa, czujnik polarymetryczny, światłowodowy interferometr różnicowy

1. Wprowadzenie

Zastosowanie układów optycznych w konstrukcjach czujników wielkości elektrycznych i magnetycznych jest pożądane z wielu względów. Czujniki optyczne mają parametry, których nie oferują klasyczne czujniki wielkości fizycznych. Metody pomiarowe natężenia prądu elektrycznego o dużych wartościach, m.in. boczniaki wiroprądowe, cewki Rogowskiego mają niezadawalające właściwości metrologiczne. Pomiary prądu z zastosowaniem tych metod są obciążone wadami w postaci podatności na zakłócenia zewnętrzne, wprowadzania indukcyjności poprzez sprzężenie magnetyczne (transformator Rogowskiego) oraz

rezystancji i indukcyjności (boczniaki) [5, 9]. Zastosowanie fali świetlnej, jej parametrów, tj. natężenia światła, kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji jako nośnika informacji pomiarowej eliminuje zakłócenia pochodzące od zewnętrznych pól elektrycznych i magnetycznych. Zakłócenia te mogą silnie odkształcać sygnał elektryczny na drodze od elementu badanego do układu pomiarowego, szczególnie jest to istotne w miejscach, gdzie występuje przepływ prądów o dużych amplitudach.

Użycie światłowodowego interferometru różnicowego, wykorzystującego efekt Faradaya, do pomiaru dużych amplitud prądu elektrycznego jest celowe ze względu na wymagania stawiane układom pomiarowym. Zwłaszcza porównując właściwości proponowanego rozwiązania w stosunku do obecnie stosowanych metod pomiarowych.

2. Podstawy teoretyczne

Schemat czujnika prądu bazującego na interferometrze różnicowym zbudowanym ze światłowodu jednomodowego wykorzystującego efekt Faradaya przedstawiono na rys. 1 [10].

Na rys. 2 przedstawiono zasadę działania światłowodowego czujnika prądu wykorzystującego efekt Faradaya, który jest

Autor korespondujący:

Mariusz Ginter, m.ginter@tu.kielce.pl

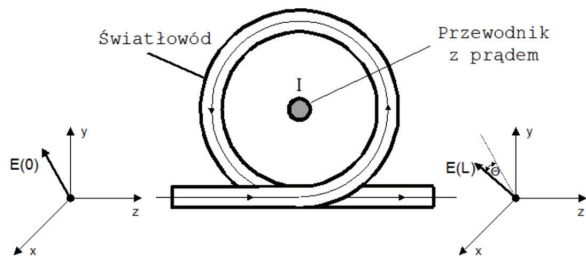
Artykuł recenzowany

nadesłany 20.10.2022 r., przyjęty do druku 11.11.2022 r.

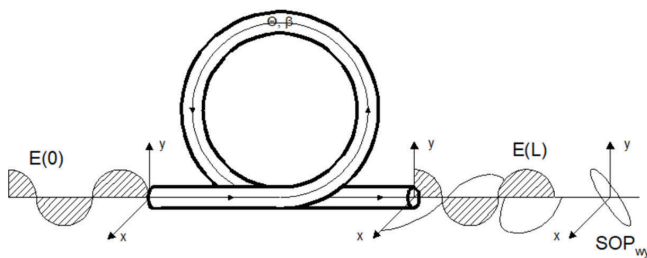


Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0

oddziaływaniem pola magnetycznego wytworzonego przez płynący w przewodniku prąd elektryczny na płaszczyznę polaryzacji propagującego światła liniowo spolaryzowanego. Płaszczyzna ta zostaje skręcona (rys. 1), a kąt skręcenia jest zależny od kierunku wektora indukcji magnetycznej i kierunku rozchodzenia się światła. Zjawisko Faradaya jest wywołane oddziaływaniem elektronów magnetycznego światłowodu z zewnętrznym polem magnetycznym [2, 11].



Rys. 1. Schemat światłowodowego czujnika prądu w konfiguracji podstawowej wykorzystującego efekt Faradaya
Fig. 1. The diagram of a fiber optic current sensor in a basic configuration using the Faraday effect



Rys. 2. Zasada działania światłowodowego czujnika prądu w konfiguracji podstawowej wykorzystującego efekt Faradaya
Fig. 2. The principle of operation of a fiber-optic current sensor in a basic configuration using the Faraday effect

Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji Θ jest zależny od długości drogi dl , którą światło przebywa w ośrodku, znajdującym się w polu magnetycznym, oraz od natężenia H pola magnetycznego [1, 13]:

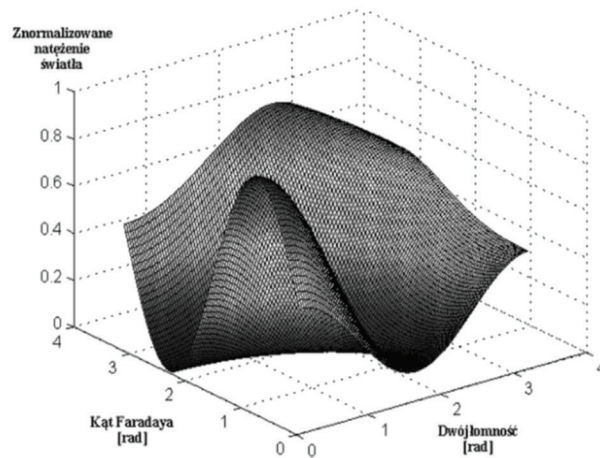
$$\Theta = V \int_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = V \int_l H \cdot dl \cdot \cos(\vec{H}, d\vec{l}) \quad (1)$$

W światłowodowym czujniku prądu (rys. 1), włókno jest owijane N razy wokół przewodu z prądem o natężeniu I . Światło jest propagowane we włóknie wzdłuż linii pola magnetycznego, co powoduje, że kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji jest maksymalny dla ustalonych parametrów toru optycznego [3, 8, 12]. Stosując prawo Ampera, liniowa całka pola magnetycznego z równania (1) redukuje się do wyrażenia:

$$\Theta = VNI \quad (2)$$

Stałą Verdetta V charakteryzuje zdolność danej substancji do skręcania płaszczyzny polaryzacji w polu magnetycznym [1, 4, 14].

Moc optyczną na wyjściu układu optycznego można zapisać w postaci:



Rys. 4. Wykres zależności znormalizowanego natężenia światła na wyjściu czujnika prądu od kąta rotacji Faradaya oraz dwójłomności liniowej
Fig. 4. The characteristics of the dependence of the normalized light intensity at the output of the current sensor on the Faraday rotation angle and linear birefringence

$$P = \frac{P_0}{2} (1 \pm \sin 2\Theta) \quad (3)$$

gdzie: P_0 – maksymalna moc na wyjściu czujnika prądu.

Dla dostatecznie małych wartości kąta Θ można zależność (3) zapisać jako:

$$P = \frac{P_0}{2} (1 \pm 2VNI) \quad (4)$$

Zgodnie z wyrażeniem (4) natężenie światła jest liniową funkcją mierzonego prądu. Uzyskanie wymaganej liniowości wiąże się z ograniczeniem zakresu zmian sygnału użytecznego na wyjściu światłowodowego czujnika prądu [5, 6, 13].

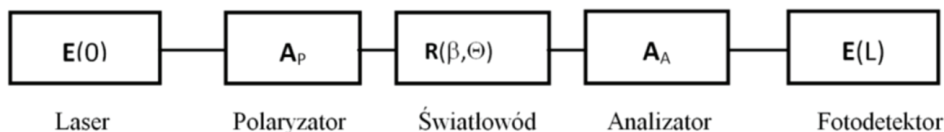
Wpływ dwójłomności liniowej na działanie czujnika prądu wykorzystującego efekt Faradaya jest decydujący. Do opisu światłowodowego czujnika polarymetrycznego wykorzystano macierze Jonesa, które opisują zmianę stanu polaryzacji przy przejściu fali świetlnej przez poszczególne elementy toru optycznego [6, 7].

Dla konfiguracji podstawowej czujnika prądu (rys. 1) można na podstawie schematu funkcjonalnego (rys. 3.) wyznaczyć stan polaryzacji po przejściu fali świetlnej przez wszystkie elementy toru optycznego. Znając macierze Jonesa elementów wchodzących w skład czujnika prądu oraz wektor stanu polaryzacji fali wejściowej $E(0)$ otrzymano wektor wyjściowego natężenia pola elektrycznego $E(L)$:

$$E(L) = A_p R(\beta, \Theta) A_A E(0) \quad (5)$$

gdzie: A_p – macierz Jonesa polaryzatora, $R(\beta, \Theta)$ – macierz Jonesa światłowodu jednomodowego, na który oddziałuje mierzony prąd i czynniki wpływowe, A_A – macierz Jonesa analizatora.

Do opisu światłowodu jednomodowego, na który działają wielkości zakłócające oraz pole magnetyczne powstałe od mierzonego prądu opisuje macierz [6, 7]:



Rys. 3. Schemat funkcjonalny światłowodowego czujnika prądu w konfiguracji podstawowej
Fig. 3. The functional diagram of a fiber-optic current sensor in a basic configuration

$$R(\beta, \Theta) = \begin{bmatrix} \cos \Psi + i \frac{\beta}{2\Psi} \sin \Psi & -\frac{\Theta}{\Psi} \sin \Psi \\ \frac{\Theta}{\Psi} \sin \Psi & \cos \Psi - i \frac{\beta}{2\Psi} \sin \Psi \end{bmatrix} \quad (6)$$

gdzie: β – dwójłomność liniowa, $\Theta = VNI$, $\Psi = \sqrt{\Theta^2 + \left(\frac{\beta}{2}\right)^2}$.

Wykres zależności znormalizowanego natężenia światła na wyjściu czujnika prądu od kąta rotacji Faradaya oraz dwójłomności liniowej przedstawiono na rys. 4. Analizy dokonano na podstawie opisu układu pomiarowego w konfiguracji podstawowej (rys. 1) na podstawie zależności (5) i (6). Uwzględniono parametry poszczególnych elementów użytych w torze optycznym.

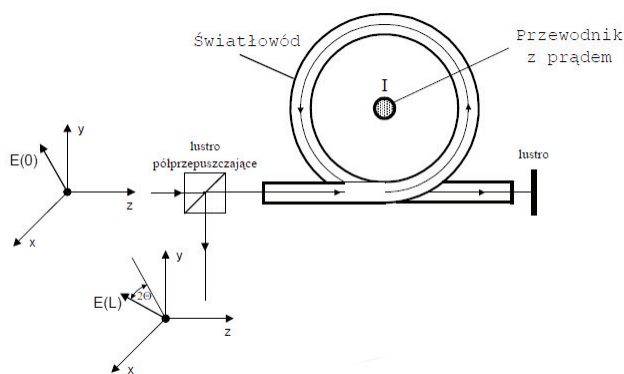
Wzrost wartości zakłócającej dwójłomności indukującej się w falowodzie przy niezmiennym kacie rotacji Faradaya powoduje, że maleje sygnał na wyjściu czujnika polarymetrycznego. Dla dużych wartości dwójłomności liniowej czułość układu na zjawisko Faradaya ma bardzo małą wartość. Powinno się dążyć, aby w układzie rzeczywistym liniowa dwójłomność światłowodu była jak najmniejsza, co przekłada się na wzrost sygnału użytecznego [1, 14]. Aby zwiększyć sygnał użyteczny można zastosować na końcu światłowodu lustro oraz zastosować sprzęgacz światłowodowy lub lustro półprzepuszczające (rys. 5).

Zastosowanie lustra w układzie powoduje podwojenie drogi optycznej światła liniowo spolaryzowanego w polu magnetycznym wytworzonym przez mierzony prąd. Przekłada się to na dwukrotne zwiększenie kąta skręcenia polaryzacji w stosunku do układu podstawowego czujnika prądu.

Dla konfiguracji czujnika prądu z lustrem na końcu światłowodu (rys. 5) można na podstawie schematu funkcjonalnego (rys. 6.) wyznaczyć stan polaryzacji po przejściu fali świetlnej przez wszystkie elementy toru optycznego, używając macierzy Jonesa poszczególnych elementów takich samych jak dla układu podstawowego:

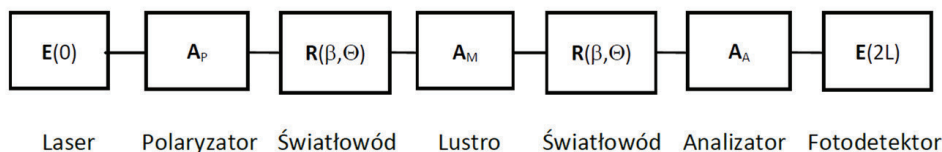
$$E(L) = A_P R(\beta, \Theta) A_M R(\beta, \Theta) A_A E(0) \quad (7)$$

gdzie: A_P – macierz Jonesa lustra.



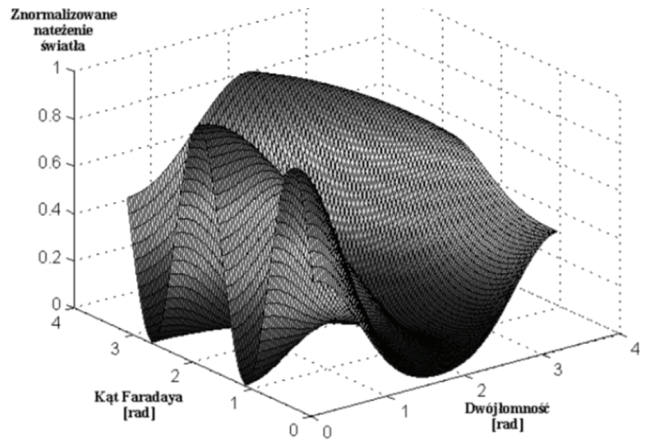
Rys. 5. Schemat światłowodowego czujnika prądu wykorzystującego efekt Faradaya w konfiguracji z lustrem na końcu światłowodu

Fig. 5. The diagram of a fiber-optic current sensor using the Faraday effect in a configuration with a mirror at the end of the fiber



Rys. 6. Schemat funkcjonalny czujnika prądu wykorzystującego efekt Faradaya w konfiguracji z lustrem na końcu światłowodu

Fig. 6. The functional diagram of a current sensor using the Faraday effect in a configuration with a mirror at the end of the optical fiber



Rys. 7. Wykres zależności znormalizowanego natężenia światła na wyjściu czujnika prądu dla konfiguracji z lustrem na końcu światłowodu od kąta Faradaya oraz dwójłomności

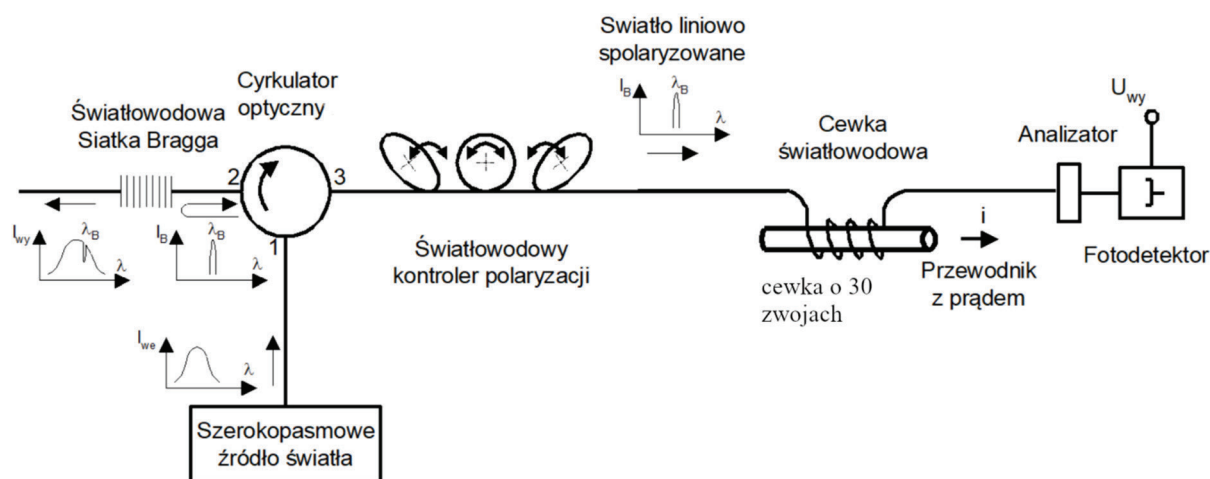
Fig. 7. The characteristics of the dependence of the normalized light intensity at the output of the current sensor for the configuration with a mirror at the end of the fiber on the Faraday angle and birefringence

Analizy dokonano na podstawie opisu układu pomiarowego w konfiguracji z lustrem na końcu światłowodu (rys. 5.) na podstawie zależności: (7) i (6). Uwzględniono parametry poszczególnych elementów użytych w torze optycznym. Wykres zależności znormalizowanego natężenia światła na wyjściu czujnika prądu od kąta rotacji Faradaya oraz dwójłomności liniowej dla układu czujnika prądu z lustrem na końcu światłowodu został przedstawiony na rysunku 7.

Zarówno dla konfiguracji podstawowej, jak i dla polarymetru z lustrem na końcu światłowodu, kompensacja wpływu drgań mechanicznych jest utrudniona. Zastosowanie tego typu układów pomiarowych nie powinno być stosowane tam, gdzie występują drgania mechaniczne indukujące dwójłomność we włóknie. Czujnik należy umieścić tak, aby uniemożliwić oddziaływanie drgań.

3. Układ pomiarowy

Czujnik prądu wraz z układem pomiarowym wykonanym dla długości fali 1550 nm przedstawiono na rys. 8. Wykorzystano tu światłowodowy czujnik prądu w konfiguracji podstawowej. W rozwiązaniu konstrukcyjnym tor optyczny czujnika jest zamknięty, tzn. światło propaguje od źródła do detektora w elementach światłowodowych. Zwiększa to niezawodność oraz łatwość implementacji przedstawionego układu do różnych warunków pomiarowych. Jako źródło światła wykorzystano laser S3FC1550 firmy Thorlabs o długości fali 1550 nm [7], który charakteryzuje się regulowaną mocą wyjścia. W celu uzyskania dużej czułości napięcia wyjściowego układu pomiarowego w stosunku do amplitudy prądu, ustalono moc wyjściową o wartości 0,8 mW. Jako analizatora światła użyto liniowego polaryzatora światłowodowego typu ILP1550PM-FC-1. Natężenie światła na wyjściu toru optycznego mierzone jest



Rys. 8. Układ światłowodowego czujnika prądu z wykorzystaniem światłowodu jednomodowego i źródła światła o długości fali 1550 nm
Fig. 8. The system of a fiber optic current sensor with the use of a single-mode fiber and a light source with a wavelength of 1550 nm

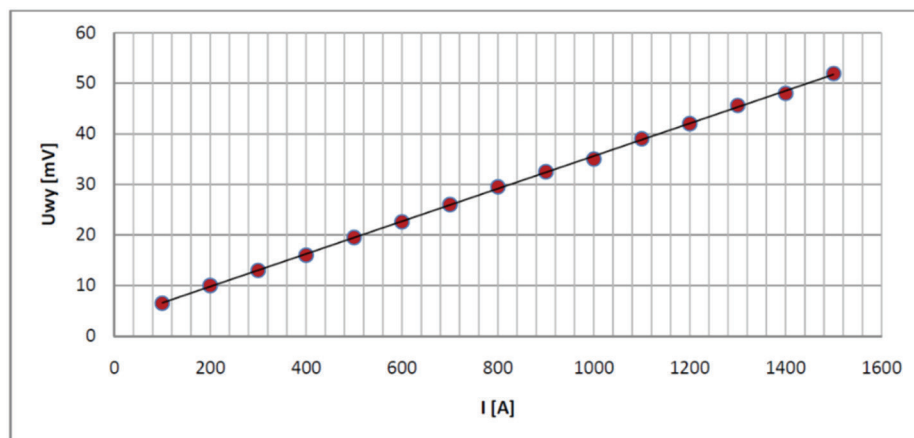
przez fotodetektor PDA 10CF-EC, który ma w swojej budowie wzmacniacz.

Jako przetwornik prądu zastosowano cewkę światłowodową o 30 zwojach i średnicy 8 cm, szerokość cewki to 5 mm. Jest ona wykonana z telekomunikacyjnego włókna jednomodowego o symbolu OFS-D-11-5-11/23 firmy Siecure. W zastosowanym włóknie skręcenie rdzenia to 15 obrotów na 1 m, co odpowiada 1 obrotowi rdzenia światłowodu na około 6,7 cm. Światłowód, z którego nawinięto cewkę, został skręcony wokół własnej osi w celu zmniejszenia indukowanej dwójłomności liniowej od czyn-

4. Badania eksperymentalne i analiza uzyskanych wyników

Charakterystyka statyczna wykonanego czujnika polarymetrycznego została określona przez pomiar prądów o częstotliwości przemysłowej $f = 50$ Hz (rys. 9). Błąd nieliniowości charakterystyki nie przekracza 1 %.

Czułość układu interferometru różnicowego wykorzystującego efekt Faradaya przy parametrach układu: cewka 30 zwojowa, długości fali 1550 nm, mocy źródła światła 0,8 mW określono



Rys. 9. Charakterystyka statyczna czujnika prądu
Fig. 9. The static characteristics of the current sensor

ników wpływowych. Stała Verdet dla dwutlenku krzemu jest zależna od długości fali i w zastosowanym czujniku przy świetle o 1550 nm jest w przybliżeniu równa 0,6 $\mu\text{rad}/\text{A}$. Możliwa więc jest do uzyskania wartość czułości definiowana jako zmiana kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji w zależności od amplitudy natężenia mierzonego prądu nie większa niż $\Theta/I = 18 \mu\text{rad}/\text{A}$.

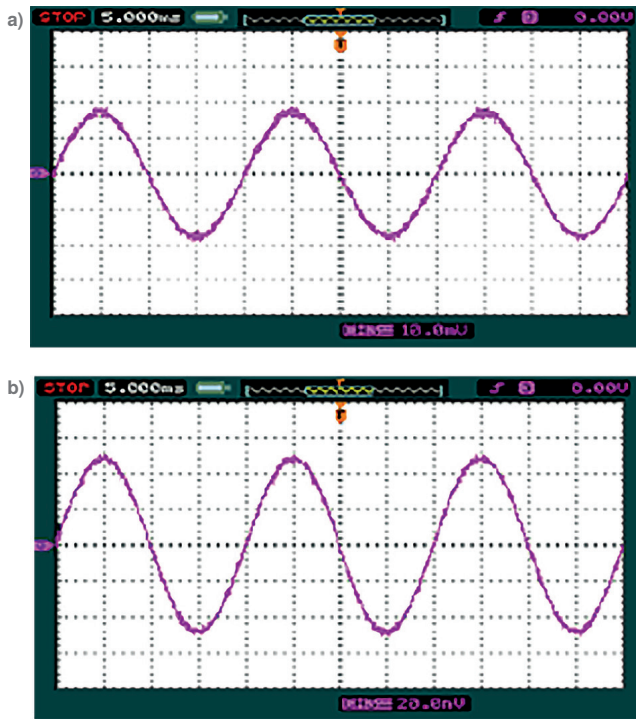
W wykonanym układzie optycznym światło o długości fali 1550 nm z lasera jednomodowego po przejściu przez elementy układowe oraz kontroler polaryzacji jest spolaryzowane liniowo. Tak spolaryzowane światło wprowadza się do światłowodu typu OFS-D-11-5-11/23, aby zapewnić maksymalną widzialność oraz liniowość zmian polaryzacji pod wpływem mierzonego prądu. Płaszczyznę polaryzacji światła jednomodowego można zmieniać za pomocą światłowodowego kontrolera polaryzacji [5, 8].

na 35 mV/kA. Niepewność względna pomiaru amplitudy prądu elektrycznego w zakresie wartości mierzonych wartości nie jest większa niż 1,5 %.

Wymuszenia o zadanych wartościach amplitud wytworzono z użyciu transformatora zwarcowego TW-1a. Przykładowe przebiegi prądów o wartościach amplitud 400 A i 1400 A i o częstotliwości 50 Hz przedstawiono na rys. 10.

5. Wnioski i podsumowanie

Analiza wpływu dwójłomności liniowej na działanie światłowodowego czujnika prądu w konfiguracji podstawowej i z lustrem na końcu włókna wykazuje, że wraz ze wzrostem dwójłom-



Rys. 10. Przebiegi prądów o częstotliwości $f = 50$ Hz i wartościach skutecznych: a) 400 A i b) 1400 A

Fig. 10. The current waveforms with frequency $f = 50$ Hz and rms values: a) 400 A and b) 1400 A

ności sygnał użyteczny maleje. Indukowana w światłowodzie dwójłomność od czynników zakłócających silnie tłumi zmianę kąta rotacji Faradaya, dlatego w układach optycznych powinna ona być minimalizowana. Zastosowanie układu światłowodowego czujnika prądu z lustrem zwiększa dwukrotnie kąt skreślenia polaryzacji światła pod wpływem mierzonego prądu, przyczyną jest zwiększenie dwukrotnie drogi optycznej światła w polu magnetycznym wytworzonym przez płynący prąd w przewodniku.

Wykorzystanie źródła światła o długości fali 1550 nm umożliwia sprzęgnięcia światłowodowego czujnika prądu z systemami telekomunikacyjnymi. Możliwa jest też łatwa rekonfiguracja układu pomiarowego. Można go zastosować tam, gdzie występują silne zakłócenia elektromagnetyczne lub występują szkodliwe czynniki chemiczne.

Optycznym sygnałem wejściowym, który jest wprowadzany do interferometru różnicowego jest jednomodowa wiązka światła uzyskana z lasera wielomodowego przez zastosowanie światłowodowej siatki Bragga, która z widma wiązki wielomodowej odbija mod o pożądanej długości fali i mocy optycznej. Płaszczyznę polaryzacji światła jednomodowego można zmieniać za pomocą światłowodowego kontrolera polaryzacji, aby uzyskać maksymalną widzialność i liniowość zmian polaryzacji pod wpływem oddziaływania mierzonego prądu.

Przeprowadzono pomiary prądów sinusoidalnie zmiennych o częstotliwości 50 Hz w zakresie amplitud 100–1500 A. Uzyskana nieliniowość tej konstrukcji nie przekracza 1 %, a oszacowana niepewność typu B pomiaru prądu wynosi 1,5 %. Uzyskane wyniki pomiarów wskazują, że zastosowanie przetwornika z interferometrem różnicowym prądu jest uzasadnione a dokładności są wystarczające do zakładanych pomiarów energetycznych. Dalsze badania powinny być prowadzone pod kątem ograniczenia indukowanej dwójłomności liniowej od czynników zakłócających tj. temperatury, drgań mechanicznych. Zastosowanie lustra na końcu światłowodu zwiększa dwukrotnie czu-

łość układu, jednak aby moc optyczna na wyjściu czujnika była liniową zależnością natężenia prądu elektrycznego zmiany te powinny być dostatecznie małe.

Bibliografia

1. Aerssens M., Gusarov A., Brichard B., Massaut V., Mégret P., Wuilpart M., *Faraday Effect Based Optical Fiber Current Sensor for Tokamaks*, 2nd International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 2011, DOI: 10.1109/ANIMMA.2011.6172868.
2. Chen G.Y., Newson T.P., *Detection bandwidth of fibre-optic current sensors based on Faraday effect*, "Electronics Letters", Vol. 50, No. 8, 2014, 626–627, DOI: 10.1049/el.2014.0426.
3. Frazao O., Baptista J., Santos J.L., *Recent advances in high-birefringence fiber loop mirror sensors*, "Sensors", Vol. 7, No. 11, 2007, 2970–2983, DOI: 10.3390/s7112970.
4. Fu H.Y., Wu C., Tse M.L.V., Zhang L., Cheng K.-C.D., Tam H.Y., Guan B.-O., Lu C., *High pressure sensor based on photonic crystal fiber for downhole application*, "Applied Optics", Vol. 49, No. 142010, 2639–2643, DOI: 10.1364/AO.49.002639.
5. Ginter M., *Fiber optic sensor for measuring currents with mains frequencies*, Proceedings of SPIE, tom 10808, zeszyt 1080805, 2018, DOI: 10.1117/12.2500167.
6. Ginter M., *Measurement of impulse current using polarimetric fiber optic sensor*, "Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments", Vol. 10445, 2017, DOI: 10.1117/12.2280349.
7. Ginter M., *Pomiar prądu sinusoidalnego z użyciem światłowodowego interferometru różnicowego*, "Metrologia Badania i Zastosowania, Monografie, Studia, Rozprawy", M152, Politechnika Świętokrzyska, 2022, 42–49.
8. Ginter M., *Światłowodowy czujnik polarymetryczny do pomiaru prądu*, "Pomiary Automatyka Kontrola", Vol. 57, No. 3, 2011, 274–276.
9. Mihailovic P., Petricevic S., *Fiber Optic Sensors Based on the Faraday Effect*, "Sensors" (Basel), Vol. 21, No. 19, 2021, DOI: 10.3390/s21196564.
10. Nedoma J., Fajkus M., Martinek R., *Measurement of electric current using optical fibers: A Review*, "Przegląd Elektrotechniczny", R. 93, Nr 11, 2017, 140–145, DOI: 10.15199/48.2017.11.30.
11. Sun L., Jiang S., Marcianite J.R., *All-fiber optical magnetic-field sensor based on Faraday rotation in highly terbium-doped fiber*, "Optics Express", Vol. 18, No. 6, 2010, 5407–5412, DOI: 10.1364/OE.18.005407.
12. Torbus S.A., *Zastosowanie światłowodów telekomunikacyjnych G.652, G.653 i G.655 w polarymetrycznych czujnikach natężenia prądu*, "Pomiary Automatyka Kontrola", Vol. 57, No. 5, 2011, 441–446.
13. Wang H., Guan Y., *Study on Long-term Operation Stability of Fiber Optical Current Transformer Based on Faraday Effect*, International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City, 2015, 767–770, DOI: 10.1109/ICITBS.2015.194.
14. Zubia J., Casado L., Aldabaldetrek G., Montero A., Zubia E., Durana G., *Design and Development of a Low-Cost Optical Current Sensor*, "Sensors", Vol. 13, No. 102013, 13584–13595, DOI: 10.3390/s131013584.

The use of a Fiber Optic Differential Interferometer in Measurements of Electric Current

Abstract: The article presents an electric current sensor built of a fiber-optic differential interferometer using the Faraday effect in a single-mode fiber. It was applied to measure current waveforms with large amplitudes and mains frequency. The optical sensor does not introduce additional resistance and inductance into the measured circuit, which is a desirable phenomenon in this type of measurements. The magnetosensitive element is an optical fiber coil made of a quartz single-mode telecommunications fiber. The optical fiber, in which the core is twisted around its axis, is characterized by a small influence of disturbing quantities, i.e., mechanical vibrations and pressure changes, on the working of the differential interferometer by inducing linear birefringence in the glass fiber. The methods of elimination of the quantities influencing the operation of the optical fiber current sensor were proposed by reducing the linear birefringence induced in the optical fiber from these quantities. The dependence of the normalized light intensity was plotted. The results of experimental research on a design solution of a differential interferometer based on the Faraday effect, operating at a wavelength of 1550 nm, are presented. The sensor was used for measurements of sinusoidal current with a frequency of 50 Hz and amplitudes ranging 100–1500 A. The uncertainty of measurement of the electric current amplitude was determined in the range of the measured values, which was estimated at no more than 1.5 %.

Keywords: fiber optic current sensor, current measurement, Faraday effect, linear birefringence, polarimetric sensor, fiber differential interferometer

////////////////////////////////////

dr inż. Mariusz Ginter

m.ginter@tu.kielce.pl

ORCID: 0000-0002-3759-8531

Absolwent Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach (1999). W 2009 r. uzyskał stopień doktora, adiunkt w Katedrze Informatyki, Elektroniki i Elektrotechniki macierzystego wydziału. Głównie zainteresowania naukowe dotyczą pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych z wykorzystaniem czujników światłowodowych.

