

**Streszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Jędrzeja Barańskiego pt. „Opracowanie laserowego modułu absolutnego i precyzyjnego pomiaru odległości z przeznaczeniem do maszyn obróbczych”.**

Maszyny obróbcze sterowane komputerowo są coraz częściej spotykane w zakładach produkcyjnych. Obrabiarki, jak każde urządzenie mechaniczne, ulegają stopniowemu zużyciu i wymagają okresowych kalibracji w celu utrzymania jakości obróbki. Do tego celu wykorzystuje się interferometry laserowe ze względu na ich dokładność pomiaru. Interferometry mierzą przemieszczenie, a nie absolutną odległość, przez co są niepraktyczne w pomiarach wolumetrycznych i kalibracji np. dużych obrabiarek, lub manipulatorów robotycznych. W takich zastosowaniach dużo lepiej sprawdzają się systemy absolutnego pomiaru odległości. W ramach realizacji doktoratu wdrożeniowego w firmie Lasertex, która rozwija i produkuje systemy do kalibracji obrabiarek, zrealizowano kompletną konstrukcję laserowego modułu absolutnego i precyzyjnego pomiaru odległości do kalibracji maszyn obróbczych.

Praca doktorska przedstawia przegląd różnych metod pomiaru odległości i przemieszczenia, w ramach którego omówiono poszczególne realizacje układowe uwzględniając ich osiąganą dokładność i zakres pomiarowy. Dla każdej z metod przedstawiono charakterystyczne problemy, błędy pomiaru i sposoby minimalizowania tychże. Ze względu na wdrożeniowy charakter doktoratu przeprowadzono również przegląd komercyjnych systemów pomiaru odległości i przemieszczenia z określeniem ich kluczowych parametrów i ceny urządzeń.

W pracy przedstawiono iteracyjną realizację modułu dalmierza, w ramach której opracowano uruchomiono i scharakteryzowano pięć prototypów urządzenia. Dla każdej z konstrukcji omówiono specyfikację układów optoelektronicznych i wskazano najważniejsze problemy, które poprawiano w kolejnych wersjach. Najnowsze urządzenie syntezuje sygnał częstotliwości modulacji w zakresie od 4 GHz do 10 GHz i wykorzystuje telekomunikacyjny laser 1550nm z modulatorem elektroabsorpcyjnym. W dalmierzu zrealizowano autorski tor nadawczy i odbiorczy wysokiej częstotliwości z wykorzystaniem radiowego laminatu hybrydowego, a także system stabilizacji temperatury lasera oraz układ światłowodowy ze zwierciadłem parabolicznym w roli kolimatora, umożliwiający dodanie wiązki lasera w świetle widzialnym. Urządzenie działa w pełni autonomicznie, posiada ekran wyświetlający wyniki i pracuje na akumulatorach. Zaimplementowane oprogramowania umożliwia automatyczną realizację pomiaru w trybie absolutnym lub ciągłym. W ramach prac zrealizowano również aplikację do wyświetlania wyników z dalmierza w celach diagnostycznych.

W doktoracie omówiono fizyczne podstawy wpływu modulacji amplitudy sygnałów optycznych na modulację fazy sygnałów elektrycznych w fotodiodach typu PIN oraz wynikający z tego efektu szum fazowy. Opracowano dwa autorskie układy eksperymentalne umożliwiające scharakteryzowanie fotodiod krzemowych oraz arsenekowo-indowo-galowych (InGaAs) i z ich pomocą wykonano charakteryzację fotodiod i wskazano optymalne punkty pracy dla których szum fazowy jest najmniejszy. Przedstawiono także wpływ tego efektu w zastosowaniach pomiaru odległości i pokazano, że optymalizacja punktu pracy fotodiody pozwala kilkukrotnie poprawić szum fazowy oraz zmniejszyć podatność na błąd pomiaru odległości przez zmianę intensywności oświetlenia.

W ramach podsumowania wykonanej pracy przeprowadzono weryfikację dokładności pomiaru odległości prototypu dalmierza z wykorzystaniem współrzędnościowej maszyny pomiarowej, a także powtarzalności i stabilności długoterminowej. Dokładność pomiaru odległości dalmierza określono na poziomie  $23 \mu\text{m} + 1 \mu\text{m/m}$ . Odchylenie standardowe powtarzalności pomiaru wynosi  $2,9 \mu\text{m}$ , a maksymalny zakres pomiaru to 33 metry.

*Jędrzej Barański*