**Testy kalibracji kompasu i wpływu różnorodnych czynników zewnętrznych na pracę kompasu.**

**Środowisko pomiarowe :**

W celu oceny elementarnej dokładności pomiaru kierunku, badany egzemplarz umieszczany był na ruchomej obrotowej podstawce, która utrzymywała stały ustawiony kąt pochylenia (około 25 stopni, typowe warunki pracy). Całość umieszczano na wypoziomowanym amagnetycznym stoliku z zaznaczonymi w regularnych odstępach ośmioma głównymi kierunkami magnetycznymi.

Kierunek 0 stopni ustalany był zawsze za pomocą precyzyjnego kompasu magnetycznego.

1. **Sprawdzanie elementarnej dokładności wskazań**

Próbę przeprowadzono na trzech dostępnych egzemplarzach w miejscu oddalonym o minimum 20 metrów od budynków i innych elementów metalowych. Każde z urządzeń przeszło elementarną kalibrację offsetów magnetometru. Wyniki pomiarów :

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kierunek** | **Egzemplarz A** | | **Egzemplarz B** | | **Egzemplarz C** | |
| **Wskazanie** | **Błąd** | **Wskazanie** | **Błąd** |  |  |
| **0** | 358 | 2 | 357 | 3 | 6 | 6 |
| **45** | 44 | 1 | 46 | 1 | 47 | 2 |
| **90** | 91 | 1 | 94 | 3 | 89 | 1 |
| **135** | 139 | 4 | 139 | 4 | 134 | 1 |
| **180** | 183 | 3 | 183 | 3 | 181 | 1 |
| **225** | 224 | 1 | 223 | 2 | 231 | 6 |
| **270** | 269 | 1 | 264 | 6 | 280 | 10 |
| **315** | 315 | 0 | 310 | 5 | 325 | 10 |
| **Błąd średni** |  | 1,625 |  | 3,5 |  | 4,625 |
| **Błąd max.** |  | 4 |  | 6 |  | 10 |

Offsety magnetometrów w badanych urządzeniach :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Egzemplarz A** | **Egzemplarz B** | **Egzemplarz C** |
| **Offset X** | 13,9795 | 18,371 | 42,9895 |
| **Offset Y** | 80,4045 | 4,8705 | 5,0575 |
| **Offset Z** | -30,398 | -26,267 | -6,456 |

Różnice działania kompasu w badanych egzemplarzach oraz różnice offsetów wskazują na możliwość, że znaczna rozbieżność dokładności działania może mieć związek ze sposobem montażu wewnętrznego. Wynika z tego konieczność opracowania wytycznych dot. wzajemnego ułożenia elementów w obudowie podczas montażu, żeby uzyskać większą powtarzalność wykonania. Dodatkowymi elementami powodującymi duże różnice mogą być poprawki elektroniki dokonywane już po zmontowaniu. Powtarzające się duże odchylenia na niektórych mierzonych kierunkach sugerują, że jednak istnieje pewien zniekształcający wpływ otoczenia na pracę kompasu.

1. **Badanie wpływu warunków otoczenia na pracę kompasu**

W celu zweryfikowania wpływu otoczenia, wszystkie 4 posiadane prototypy zostały skalibrowane w dotychczas używanym do tego celu miejscu na zewnątrz budynku. Następnie przewieziono je wraz ze sprzętem pomiarowym w lokalizację pozbawioną jakichkolwiek elementów metalowych w promieniu większym niż 300 metrów. Wykonano pomiary dla obecnych kalibracji, po czym w tym nowym miejscu wykonano kolejną kalibrację i powtórzono pomiar. Wyniki w tabeli poniżej :

Na pierwotnej kalibracji

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kierunek** | **Egzemplarz A** | | **Egzemplarz B** | | **Egzemplarz C** | | **Egzemplarz D** | |
| **Wskazanie** | **Błąd** | **Wskazanie** | **Błąd** | **Wskazanie** | **Błąd** | **Wskazanie** | **Błąd** |
| **0** | 9 | 9 | 14 | 14 | 3 | 3 | 7 | 7 |
| **45** | 50 | 5 | 47 | 2 | 42 | 3 | 47 | 2 |
| **90** | 86 | 4 | 8 | 8 | 84 | 6 | 86 | 4 |
| **135** | 122 | 13 | 120 | 15 | 128 | 7 | 126 | 9 |
| **180** | 165 | 15 | 162 | 18 | 176 | 4 | 171 | 9 |
| **225** | 222 | 3 | 216 | 9 | 226 | 1 | 220 | 5 |
| **270** | 276 | 6 | 277 | 7 | 274 | 4 | 272 | 2 |
| **315** | 327 | 12 | 332 | 17 | 321 | 6 | 324 | 9 |
| **Błąd średni** |  | 8,375 |  | 11,25 |  | 425 |  | 5,875 |
| **Błąd max.** |  | 15 |  | 18 |  | 7 |  | 9 |

Po powtórzeniu kalibracji w miejscu o gwarantowanej amagnetyczności

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kierunek** | **Egzemplarz A** | | **Egzemplarz B** | | **Egzemplarz C** | | **Egzemplarz D** | |
| **Wskazanie** | **Błąd** | **Wskazanie** | **Błąd** | **Wskazanie** | **Błąd** | **Wskazanie** | **Błąd** |
| **0** | 1 | 1 | 1 | 1 | 358 | 2 | 1 | 1 |
| **45** | 48 | 3 | 41 | 4 | 42 | 3 | 45 | 0 |
| **90** | 92 | 2 | 85 | 5 | 88 | 2 | 90 | 0 |
| **135** | 137 | 2 | 132 | 3 | 134 | 1 | 133 | 2 |
| **180** | 179 | 1 | 177 | 3 | 180 | 0 | 177 | 3 |
| **225** | 223 | 2 | 225 | 0 | 225 | 0 | 220 | 5 |
| **270** | 270 | 0 | 272 | 2 | 270 | 0 | 266 | 4 |
| **315** | 318 | 3 | 318 | 3 | 315 | 0 | 315 | 0 |
| **Błąd średni** |  | 1,75 |  | 2,625 |  | 1 |  | 1,875 |
| **Błąd max.** |  | 3 |  | 5 |  | 3 |  | 5 |

Wnioski:

- kalibracja kompasu powinna być dokonywana w punkcie, gdzie istnieje jak najmniej możliwych zniekształceń pola magnetycznego, podobnie jak sprawdzanie dokładności kompasu

- wybór właściwego miejsca może skutkować spadkiem błędu średniego od 3 do 4 razy, a błędu maksymalnego nawet 5 razy

- uzyskanie bardzo dokładnych wskazań w absolutnie każdym egzemplarzu urządzenia będzie wymagać dodatkowych usprawnień

1. **Testowanie skuteczności dwuetapowej kalibracji magnetycznej**

Opracowany został algorytm precyzyjnej kalibracji (opcjonalny z punktu działania urządzenia), pozwalający uzyskiwać o wiele większą dokładność działania kompasu kosztem skomplikowania procesu kalibracyjnego.

Do testu porównawczego wybrano egzemplarz A.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kierunek | Pierwszy pomiar | Po starannej kalibracji | Po włączeniu precyzyjnej kalibracji dodatkowej |
| 0 | 8 | 4 | 359 |
| 45 | 45 | 47 | 44 |
| 90 | 81 | 86 | 90 |
| 135 | 120 | 128 | 137 |
| 180 | 164 | 170 | 182 |
| 225 | 215 | 213 | 224 |
| 270 | 274 | 263 | 270 |
| 315 | 325 | 315 | 314 |

Jak widać rozwiązanie działa. Ponieważ pomiar wykonano w miejscu, gdzie nie można gwarantować absolutnego braku zniekształceń magnetycznych, maksymalny błąd po kalibracji wyniósł 2 stopnie zamiast spodziewanego 1 stopnia. Pomimo tego wzrost dokładności jest kilkukrotny.