

Spis treści

Przedmowa	05
1 Normy i wytyczne	15
2 Korzyści i zakres stosowania	16
3 Terminy i definicje	20
3.1 Pomiar i kontrola	20
3.2 Ocena i kontrola atrybutywna	21
3.3 Często używane terminy	23
4 Zarządzanie procesem kontroli	34
4.1 Zadania związane z zarządzaniem procesem kontroli	35
4.1.1 Zabezpieczenie wyników kontroli z uwzględnieniem niepewności pomiaru zgodnie z DIN EN ISO 14253-1 [20]	35
4.1.2 Wpływ niepewności pomiaru na proces produkcji	39
4.2 Role i kompetencje w zarządzaniu procesem kontroli	40
4.2.1 Role w zarządzaniu procesem kontroli	40
4.2.2 Kompetencje w zakresie zarządzania procesem kontroli	44
4.3 Zabezpieczenie oparte na ryzyku	47
4.3.1 Wstępny wybór procesów kontroli pod kątem zabezpieczania adekwatnego do ryzyka	50
4.3.2 Procedura zabezpieczenia opartego na ryzyku	53
4.3.2.1 Kryteria, konsekwencje i prawdopodobieństwo wystąpienia błędnej decyzji dotyczącej kontroli	54
4.3.2.2 Określenie klasy ryzyka dla poszczególnych procesów kontroli	55
4.3.2.3 Stopień zabezpieczenia	56
4.3.3 Proces reklamacji systemów kontroli, procesów kontroli w użytkowaniu	58

4.4	Planowanie procesu kontroli	59
4.4.1	Przebieg planowania procesu kontroli	59
4.4.2	Wkład planowania procesu kontroli w proces inżynierii systemów	67
4.5	Zarządzanie środkami kontrolno-pomiarowymi	71
4.5.1	System zarządzania środkami kontrolno-pomiarowymi	72
4.5.2	Kalibracja środków kontrolno-pomiarowych	73
4.5.2.1	Kalibracje wewnętrzne	73
4.5.2.2	Kalibracja zewnętrzna	74
4.6	Dowód skuteczności zarządzania procesem kontroli	76
4.7	Dowód przydatności procesów pomiarowych – informacje ogólne	77
4.7.1	Analiza procesu pomiarowego i zakres stosowania dowodu przydatności	78
4.7.2	Modelowanie w VDA Tom 5	80
4.7.3	Przydatność systemu pomiarowego i procesu pomiarowego	81
4.7.4	Możliwość przeniesienia dowodów przydatności	83
4.7.5	Postępowanie w przypadku nieosiągniętej przydatności procesu pomiarowego i kontrolnego – przegląd ogólny	85
4.7.5.1	Optymalizacja systemu pomiarowego i procesu pomiarowego	87
4.7.5.2	Analiza ryzyka z warunkowym zatwierdzeniem	87
4.7.5.3	Ulepszenie/zastąpienie procesu produkcyjnego	87
4.7.6	Domniemany dowód przydatności	88
5	Ogólny przebieg przydatności procesu pomiaru i kontroli	89
5.1	Wpływy na niepewność wyników pomiarów	89
5.1.1	Wielkości wpływające na system pomiarowy	91
5.1.1.1	Porównanie typów odniesienia (wzorce pomiarowe, wzorce i części referencyjne)	91
5.1.1.2	Odchylenia pomiarowe	93
5.1.1.3	Urządzenie mocujące	95
5.1.1.4	Metoda pomiarowa, procedura pomiarowa	95
5.1.2	Wielkości wpływające na proces pomiaru	96
5.1.2.1	Środowisko, otoczenie	96
5.1.2.2	Człowiek, kontroler, operator	96
5.1.2.3	Obiekt pomiarowy, obiekt kontrolny	97
5.1.2.4	Metoda oceny	97
5.1.2.5	Stabilność krótkoterminowa	97
5.1.2.6	Stabilność długoterminowa (ciągła przydatność)	97

5.1.2.7	Porównywalność systemów pomiarowych	98
5.2	Fazy przydatności procesu pomiaru i kontroli	99
5.3	Niepewności standardowe	101
5.3.1	Metoda A (określenie eksperymentalne)	101
5.3.1.1	Rozważenie pojedynczej wielkości wpływającej	102
5.3.1.2	Rozważenie wielu zmiennych wpływających	102
5.3.2	Metoda B (wykorzystanie informacji wstępnych)	103
5.4	Niepewność standardowa złożona	104
5.5	Niepewność pomiaru rozszerzona	105
5.6	Budżet niepewności	106
5.7	Dowód zgodności	108
5.8	Dowód przydatności procesu pomiarowego	109

6 Wyznaczanie niepewności pomiaru procesu pomiarowego 110

6.1	Podejście podstawowe	110
6.2	Praktyczne wyznaczanie typowych niepewności standardowych	111
6.3	Wielkości wpływające w systemie pomiarowym	112
6.3.1	MPE – Maksymalne dopuszczalne odchylenie systemu pomiarowego – u_{MPE}	113
6.3.2	Rozdzielczość wskazania – u_{RE}	114
6.3.3	Niepewność kalibracji wzorca pomiarowego – u_{CAL}	115
6.3.4	Powtarzalność na wzorcu pomiarowym – u_{EVR}	116
6.3.5	Systematyczne odchylenie pomiarowe – u_{BI}	116
6.3.6	Wpływ odchylenia liniowości w zakresie stosowania – u_{LIN}	117
6.3.6.1	Liniowość z informacji wstępnej (metoda B)	118
6.3.6.2	Liniowość z próby (metoda A)	119
6.3.6.2.1	Prosta analiza liniowości	120
6.3.6.2.2	Badanie liniowości z ANOVA [26]	121
6.3.7	Dalsze wielkości wpływające w systemie pomiarowym – $u_{MS.REST}$	122
6.3.8	Określenie niepewności zgodnie z „testem systemu pomiarowego” (test MS)	122
6.3.8.1	Test z jednym wzorcem pomiarowym lub częścią referencyjną	123
6.3.8.2	Test z 2 wzorcami pomiarowymi	123
6.3.8.3	Test z 3 i więcej wzorcami pomiarowymi	124
6.4	Wielkości wpływające procesu pomiarowego	125
6.4.1	Powtarzalność na obiekcie pomiarowym – u_{EVO}	125
6.4.2	Porównywalność operatorów – u_{AV}	125

6.4.3	Interakcja – $u_{IA,i}$	126
6.4.4	Porównywalność systemów pomiarowych – u_{GV}	127
6.4.5	Stabilność procesu pomiarowego – u_{STAB} (stabilność krótkoterminowa)	127
6.4.6	Niehomogeniczność obiektu pomiarowego – u_{OBJ}	128
6.4.7	Temperatura – u_{TEMP}	130
6.4.7.1	Rozważania wpływu temperatury na proces pomiarowy	130
6.4.7.2	Ocena sytuacji	133
6.4.7.3	Metody określania niepewności pomiaru spowodowanej temperaturą	134
6.4.8	Dalsze wielkości wpływające w procesie pomiarowym – $u_{MP.REST}$	135
6.4.9	Określenie niepewności zgodnie z „testem procesu pomiarowego” (test MP)	136
6.5	Typowy budżet niepewności pomiarowej	137
6.6	Przegląd typowych modeli procesu pomiarowego	139
6.7	Wybór wstępny systemów pomiarowych	141
6.7.1	Motywacja, wymagania	141
6.7.2	Źródła informacji dla wyznaczania ważnych specyfikacji środków pomiarowych	142
6.7.2.1	Normy krajowe i/lub międzynarodowe	142
6.7.2.2	Wytyczne	142
6.7.2.3	Dane producenta	143
6.7.3	Wskaźniki oceny wyboru środków pomiarowo-kontrolnych i pomocniczych	143
6.7.4	Kategorie środków pomiarowych i źródeł informacji dla specyfikacji/parametrów	145
7	Dowód przydatności procesu pomiarowego – w szczegółach	146
7.1	Obliczenie wskaźników przydatności	146
7.1.1	Wskaźnik przydatności Q_{MS} systemu pomiarowego	146
7.1.2	Wskaźnik przydatności Q_{MP} procesu pomiarowego	147
7.1.3	Wskaźniki przydatności Q_{MS} i Q_{MP} dla jednostronnych granic specyfikacji	148
7.1.3.1	Obliczenie indeksów przydatności dla jednostronnych specyfikacji	149
7.1.3.2	Obliczenie indeksów przydatności dla jednostronnych specyfikacji o zdefiniowanym punkcie pracy	153

7.1.4	Minimalna możliwa tolerancja dla systemów pomiarowych/ procesów pomiarowych	154
7.1.5	Przydatność procesów pomiarowych i zdolność procesów produkcyjnych	154
7.2	Ocena wskaźników przydatności	157
7.3	Dokumentacja i raportowanie dowodu przydatności	159
7.3.1	Raport z badania wykazującego przydatność	159
7.3.2	Dokumentacja przydatności procesu pomiarowego i kontrolnego	161
7.4	Postępowanie z nieprzydatnymi systemami/procesami pomiarowymi	162
7.4.1	Procedury optymalizacji procesu	163
7.4.2	Analiza ryzyka i zatwierdzenie warunkowe	164
7.4.3	Refleksja i ew. rozszerzenie wartości granicznych	165
7.4.4	Rozszerzenie tolerancji charakterystyki	165
7.4.5	Strategie specjalne	165
7.4.5.1	Zasada FT dla procesów pomiarowych z małymi tolerancjami	165
7.4.5.2	Redukcja niepewności pomiaru poprzez pomiar wielokrotny	168
8	Specjalne procesy pomiarowe	170
8.1	Klasyfikacja i parowanie	170
8.2	Walidacja oprogramowania pomiarowego	173
8.3	Niewystarczający zakres próbki w testach <i>MS</i> i <i>MP</i>	174
8.4	Uwzględnienie niepewności pomiaru w rozwoju	176
9	Dowód przydatności atrybutywnych procesów kontroli	179
9.1	Ryzyka kontroli atrybutowej	180
9.2	Dowód przydatności atrybutywnych procesów kontroli	181
9.2.1	Atrybutywne procesy kontroli ze zdyskretyzowanymi wynikami	182
9.2.2	Atrybutywne procesy kontroli z czysto dyskretnymi wynikami	183
9.3	Uwagi w odniesieniu do zestawienia reprezentatywnej partii kontrolnej	185
9.4	Uwagi w odniesieniu do zestawienia kontrolowanej partii na podstawie prawdopodobieństw warunkowych	185
9.5	Możliwe metody oceny atrybutywnych procesów kontroli	187
9.5.1	Metody dla charakterystyk zdyskretyzowanych	187
9.5.1.1	Metoda detekcji sygnałów	187
9.5.1.2	Metoda analityczna	191

9.5.2	Metody dla charakterystyk dyskretnych	193
9.5.2.1	Metoda krótka	193
9.5.2.2	Skuteczność	194
9.5.2.3	Test Bowkera	196
9.5.2.4	Metoda Kappa według Cohena i Fleissa [28]	199
9.5.2.5	Współczynnik zgodności W według Kendalla [39; 40]	201
10	Ocena ciągłej przydatności	204
10.1	Metody zapewnienia ciągłej przydatności	205
10.2	Uwagi ogólne do planowania, wdrażania i dokumentowania	206
10.3	Zastosowanie karty stabilności (karta kontrolna)	207
10.4	Uwzględnienie budżetu niepewności	212
11	Spis symboli	213
12	Spis skrótów	216
13	Materiały do pobrania	217
14	Spis literatury	218
15	Indeks	224
16	Spis rysunków	229
17	Spis tabel	232