

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
im. Jarosława Dąbrowskiego



Badanie przetworników AC różnych typów

Ćwiczenia Laboratoryjne - Metrologia II



mgr inż. Bartosz Brzozowski
Warszawa 2015

1 Cel ćwiczenia laboratoryjnego

Ćwiczenie jest praktycznym podsumowaniem wiedzy i sprawdzeniem umiejętności studenta przekazanej podczas wykładów oraz wszystkich wcześniejszych ćwiczeń rachunkowych i laboratoryjnych. Celem ćwiczenia jest zaprojektowanie, wykonanie i przebadanie toru pomiarowego wykorzystującego:

1. Potencjometr obrotowy podłączony do źródła zasilania jako czujnik pomiarowy;
2. Dzielnik napięcia jako układ kondycjonowania sygnału pomiarowego (na ocenę powyżej dostatecznej);
3. Przetwornik analogowo-cyfrowy jako przetwornik formy sygnału na postać rozumianą przez komputer;
4. Diody LED obrazujące aktualny stan wyjściowy przetwornika AC jako wskaźnik tego co odbiera komputerowy system pomiarowy;
5. Woltomierz cyfrowy mierzący napięcie wejściowe do przetwornika AC w celu porównania tej wartości z aktualnym stanem obrazowanym przez diody LED.

Dodatkowo konieczne będzie zastosowanie generatora sygnału prostokątnego w celu inicjowania przetwarzania analogowo-cyfrowego.

2 Wymagania wstępne

Przed przystąpieniem do ćwiczenia student powinien:

- znać budowę i zasadę działania potencjometru, dzielnika napięcia oraz przetwornika analogowo-cyfrowego;
- potrafić zidentyfikować na schemacie elektrycznym elementy toru pomiarowego i podać ich przeznaczenie;
- rozumieć przeznaczenie poszczególnych wyprowadzeń (pinów) badanego przetwornika analogowo cyfrowego (na podstawie informacji zawartej w [karcie katalogowej](#) badanego przetwornika)

Ponad to należy zapoznać się z treścią niniejszej instrukcji oraz wszystkich załączników, aby możliwe było sprawne wykonanie zadań.

W każdej podgrupie ćwiczenie realizowane jest w 6 zespołach. Przed przystąpieniem do ćwiczenia należy podzielić się na zespoły w zależności od zaangażowania w przygotowanie do ćwiczenia:

- Osoby, które chcą zaliczyć ćwiczenie na ocenę dostateczną przygotowują tor pomiarowy zgodnie ze schematem elektrycznym przedstawionym w punkcie 8 niniejszej instrukcji laboratoryjnej.
- Osoby chcące uzyskać oceny wyższe będą miały dodać w odpowiednim miejscu toru pomiarowego układ kondycjonowania sygnału w postaci dzielnika napięcia umożliwiający pomiar napięcia dla podanego przez prowadzącego zakresu. (Wskazane jest szczegółowe przanalizowanie karty katalogowej przetwornika i przygotowanie schematu elektrycznego toru pomiarowego przed zajęciami)

3 Wstęp teoretyczny

Przetwornikiem analogowo – cyfrowym określamy urządzenie przeznaczone do wykonywania operacji próbkowania, kwantowania i kodowania sygnałów analogowych, czyli do zamiany sygnału analogowego na sygnał cyfrowy. Przetworniki przeznaczone są do przetwarzania napięcia prądu elektrycznego.

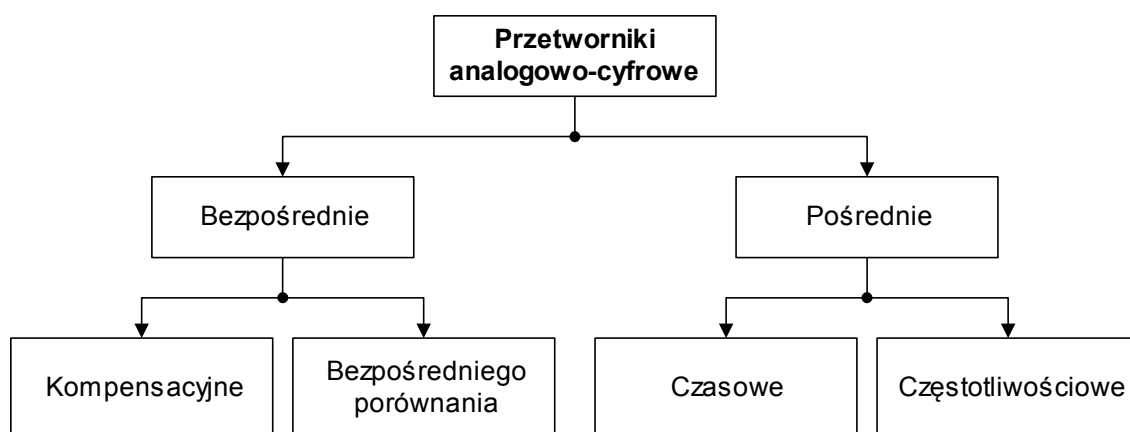
Przetworniki analogowe można klasyfikować według następujących kryteriów:

- zasady działania (rys.1),
- rozdzielczości przetwornika,
- szybkości działania,
- zakresu przetwarzania sygnałów wejściowych.

W ogólnym przypadku przetworniki dzielimy na przetworniki bezpośredniego i pośredniego przetwarzania. Bezpośrednia metoda przetwarzania polega na porównaniu przetwarzanej wielkości z wielkością wzorcową tego samego rodzaju (np. napięciem), natomiast w metodzie pośredniej mierzone napięcie przetwarzane jest w wielkość pośrednią (czas lub częstotliwość), a ta z kolei przetwarzana jest w postać cyfrową przez liczniki.

Przetworniki z przetwarzaniem bezpośrednim dzielą się na przetworniki z porównywaniem kompensacyjnym i bezpośrednim. W przetwornikach z porównywaniem kompensacyjnym, przetwornik zmienia napięcie wzorcowe w taki sposób, aby zrównoważyć przetworzone napięcie. W układzie z bezpośrednim porównaniem wartość napięcia mierzonego wykrywana jest przez jednoczesne porównywanie z wieloma poziomami napięcia wzorcowego (liczba poziomów napięcia wzorcowego uzależniona jest od rozdzielczości bitowej przetwornika).

Zależnie od typu wielkości pośredniej, przetworniki z przetwarzaniem pośrednim dzielą się na czasowe i częstotliwościowe. W metodzie czasowej do przetworzenia napięcia w przedział czasowy wykorzystuje się porównanie napięcia liniowo ładowanego lub rozładowywanego kondensatora (stały prąd ładowania lub rozładowania) z napięciem przetwarzanym. Częstotliwościowe metody przetwarzania mają wyłącznie znaczenie historyczne ze względu na ich błędy przekraczające 1%. Obecnie można spotkać dwa rodzaje przetworników: przetworniki z równoważeniem ładunku oraz przetworniki typu delta- sigma.



Rys.1. Klasyfikacja przetworników analogowo-cyfrowych.

3.1 Wybrane pojęcia i definicje z zakresu przetwarzania AC

Próbkowanie (dyskretyzacja argumentu funkcji $x(t)$) polega na pobieraniu w określonych odstępach czasu próbek wartości sygnału $x(t)$, w taki sposób, aby ciąg próbek umożliwiał jak najwierniejsze odtworzenie całego przebiegu funkcji $x(t)$.

Kwantowanie (dyskretyzacja wartości funkcji $x(t)$), stanowiące jeden z etapów przetwarzania analogowo-cyfrowego, polega na przyporządkowaniu każdej wartości sygnału ciągłego pewnej skwantowanej wartości dyskretnej.

Kodowanie - przyporządkowanie skwantowanym wartościom sygnału $x(t)$ kodu umożliwiającego przedstawienie wartości kwantów w systemie dwójkowym. Do zapisu wykorzystuje się: naturalny kod dwójkowy, binarny kod dziesiętny, przesunięty kod dwójkowy, kod uzupełniony do 2, itp.

Rozdzielczość układu kwantowania jest to liczba stanów wyjściowych wyrażona w bitach. Niekiedy zamiennie stosuje się pojęcie przedział kwantowania. Jest to przedział wartości sygnału analogowego, któremu odpowiada to samo słowo kodowe na wyjściu. Przedział kwantowania wyznacza się dzieląc wartość pełnego zakresu przetwarzania przez liczbę stanów wyjściowych.

Dokładność bezwzględna przetwornika jest aktualną wartością sygnału pełnego zakresu przetwarzania (napięciowego, prądowego, ładunkowego), wejściowego (w przetworniku A/C) lub wyjściowego (w przetworniku C/A) odniesioną do bezwzględnego wzorca. Najczęściej dokładność bezwzględną określa się w stosunku do źródła odniesienia stosowanego w przetworniku.

Dokładność względna przetwornika jest odchyleniem analogowego lub cyfrowego sygnału wyjściowego przetwornika od linii prostej wykreślonej między zerem i punktem pełnego zakresu przetwarzania.

3.2 Parametry przetworników analogowo-cyfrowych

Nominalny zakres przetwarzania jest wartością napięcia przetwarzania $U_{FS}=q \cdot 2^n$, odpowiadającemu maksymalnej wartości słowa wyjściowego powiększonego o 1.

Rzeczywisty zakres przetwarzania jest wartością napięcia przetwarzanego $U_{i \max} = q \cdot (2^n - 1)$, odpowiadająca maksymalnej wartości słowa wyjściowego.

Różnica pomiędzy nominalną, a rzeczywistą wartością zakresu przetwarzania wynika z faktu, że w przetworniku n – bitowym jednym z 2^n możliwych stanów wyjściowych jest stan zerowy, a więc tylko $(2^n - 1)$ przedziałów kwantowania. Uzyskanie pełnej skali przetwarzania wiązałoby się z dodaniem 1 bitu. W praktyce, w danych katalogowych określa się zwykle dla uproszczenia tylko nominalną wartość zakresu przetwarzania. Wartość rzeczywistą można obliczyć z zależności:

$$U_{i \max} = U_{FS} \frac{2^n - 1}{2^n}$$

gdzie: n – liczba bitów słowa wyjściowego.

Zakres dynamiczny przetwornika jest to stosunek nominalnego zakresu przetwarzania $2^n \cdot q$ do wartości przedziału kwantowania q wyrażony w decybelach:

$$\left. \frac{U_{FS}}{q} \right|_{dB} = 20 \log 2^n = 6,02 n$$

Zakres ten wzrasta o ok. 6 dB przy wzroście bitów o jeden.

Rozdzielczość (ang. *resolution*) przetwornika analogowo-cyfrowego stanowi granicę jego dokładności, wynikającą z samej istoty procesu kwantowania (dyskretyzacji) napięcia wyjściowego przy przetwarzaniu go na wielkość cyfrową. W prawidłowo zaprojektowanym przetworniku liczba bitów wyniku przetwarzania jest tak dobrana, że wartość błędu analogowego, wyrażonego przez dokładność względną lub bezwzględną, jest mniejsza od błędu kwantyzacji. Zwiększenie liczby bitów wyniku, czyli zdolności rozdzielczej ponad granicę wynikającą z wartości błędu analogowego, jest niecelowe, gdyż nie poprawia już dokładności przetwarzania. Tak więc przy prawidłowo wyznaczonych parametrach przetwornika A/C wartość katalogowej zdolności rozdzielczej powinna określać także jego dokładność.

W rzeczywistości sygnał wejściowy charakteryzuje się określoną dynamiką zmian w funkcji czasu, a proces jego przetwarzania pewną określoną szybkością. Do parametrów wyrażających szybkość przetwarzania analogowo-cyfrowego należą: czas przetwarzania, częstotliwość przetwarzania oraz szybkość bitowa.

Czas przetwarzania (ang. *conversion time*) określa się jako czas konieczny do jednego całkowitego przetworzenia na wielkość cyfrową, z określoną rozdzielczością sygnału analogowego o wartości równej pełnemu zakresowi przetwarzania. W większości przetworników A/C jest to okres upływający od chwili podania sygnału inicjującego przetwarzanie do pojawienia się pełnej wartości cyfrowej na jego wyjściu. W przetwornikach nadążnych jako czas przetwarzania przyjmuje się okres między pojawieniem się skokowej zmiany sygnału wejściowego, a ustaleniem się nowej wartości wyniku przetwarzania odpowiadającej tej zmianie.

Częstotliwość przetwarzania (ang. *conversion rate*) jest to maksymalna częstotliwość, z jaką mogą następować kolejne przetworzenia sygnału wejściowego z zachowaniem określonej rozdzielczości i dokładności w pełnym zakresie przetwarzania. Przyjmuje się, że częstotliwość przetwarzania jest w przybliżeniu równa odwrotności czasu przetwarzania, chociaż istnieją odchylenia od tej zasady. Przy obliczaniu częstotliwości przetwarzania powinno się bowiem uwzględniać nie tylko czas przetwarzania, lecz także czas niezbędny do ustalania się warunków pracy układu przed następnym cyklem przetwarzania. Z tego powodu częstotliwość przetwarzania jest z reguły nieco mniejsza od odwrotności czasu przetwarzania. W niektórych rodzajach przetworników szybkich, w których wartości poszczególnych bitów słowa wyjściowego są ustalane kolejno począwszy od najbardziej znaczącego bitu MSB (np. w przetwornikach A/C z bezpośrednim porównaniem szeregowym) nowy cykl przetwarzania może być rozpoczęty przed zakończeniem poprzedniego. W tych układach częstotliwość przetwarzania jest większa niż to wynika z odwrotności czasu przetwarzania.

Szybkość bitowa (ang. *bit rate*) jest określana przez liczbę bitów rezultatu przetwarzania, uzyskanych w jednostce czasu (np. bitów /s, megabitów /s)

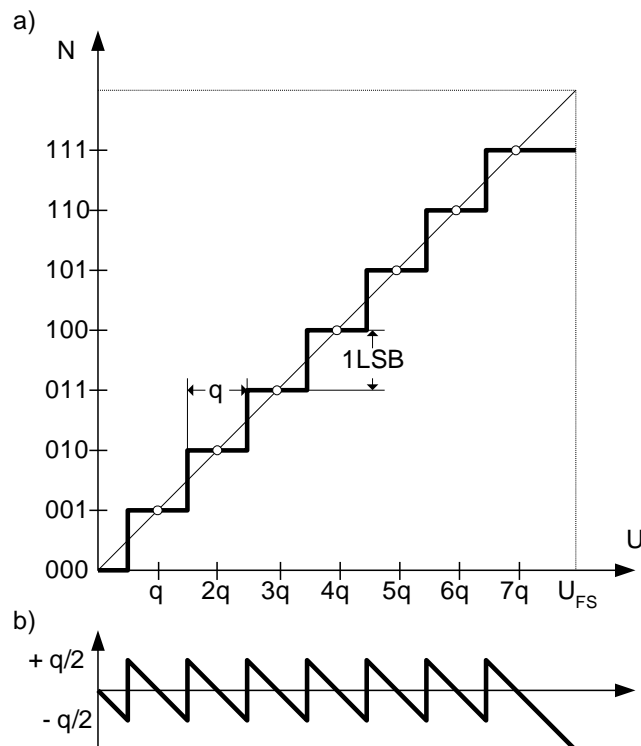
3.3 Błędy przetworników analogowo-cyfrowych

Błąd kwantyzacji wynika z samej istoty procesu kwantowania napięcia wejściowego przy przetwarzaniu go na wielkość cyfrową. W tym procesie sygnałowi analogowemu U_i , (który może przyjmować w zakresie przetwarzania nieskończenie wiele różnych wartości) zostaje przyporządkowany cyfrowy sygnał N , wybrany ze zbioru skończonej liczby N_{max}

przedziałów kwantowania o wielkości q , na które zostanie podzielony w procesie kwantowania pełny zakres przetwarzania. Przyporządkowanie takie powoduje niejednoznaczność między N , a U_i , wyrażoną błędem kwantyzacji, gdyż pewnej liczbie N na wyjściu przetwornika odpowiada nie tylko jedna określona wartość U_i , lecz wiele wartości z przedziału $U_i \pm q/2$.

To zagadnienie zilustrowano na rys.2, przedstawiającym charakterystykę przetwarzania $N=f(U_i)$ przetwornika 3 – bitowego. Cały zakres napięcia wejściowego jest w wyniku kwantowania podzielony na $2^n=2^3=8$ przedziałów, odpowiadających 8 wartościom słowa wyjściowego. Pełny zakres przetwarzania jest definiowany dwojako – jako zakres nominalny lub rzeczywisty.

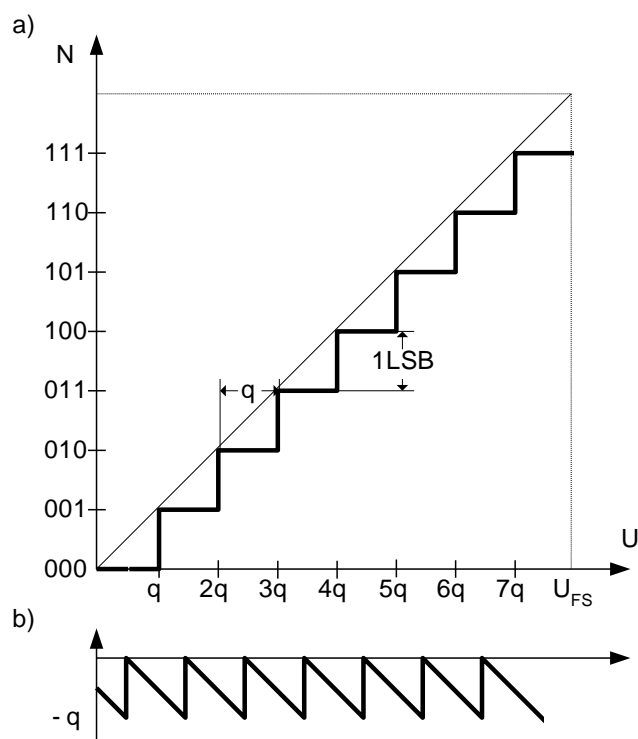
Na rys.2a wyznaczono prostą będącą idealną charakterystyką przetwarzania przy nieskończenie dużej rozdzielczości i łączącą początek współrzędnych z punktem o współrzędnych wyznaczonych przez maksymalną wartość słowa wyjściowego 111 i odpowiadającą jej wartość U_i . Prosta ta przechodzi przez środki przedziałów kwantowania napięcia U_i , odpowiadających kolejnym wartościom cyfrowym słowa wyjściowego. Odchylenia charakterystyki przetwarzania od tej prostej wyznaczają błąd kwantyzacji, który zmienia się w granicach od $-q/2$ do $+q/2$. Przebieg zmian błędu kwantyzacji w funkcji napięcia U_i przedstawiono na rys. 2b.



Rys.2. Charakterystyka przetwarzania: (a) i zmiany błędu kwantyzacji (przetwornik 3 bitowy).

Średnia wartość błędu kwantyzacji w pełnym rzeczywistym zakresie przetwarzania jest równa zero. Tę właściwość uzyskuje się dzięki przesunięciu charakterystyki o wartość $q/2$ w stosunku do początku układu współrzędnych, co oznacza, że przejście od stanu 000 do 001 następuje przy napięciu $U_i=q/2$. Dla porównania na rys.3a przedstawiono charakterystykę przetwarzania przesuniętą o wartość q . Ten rodzaj charakterystyki prawie nigdy nie jest

stosowany, gdyż daje niesymetryczny w stosunku do osi zerowej przebieg zmiany błędu kwantyzacji od 0 do $-q$ o średniej wartości równej $-q/2$ (rys.3b).



Rys.3. Przykład charakterystyki przetwarzania przetwornika A/C o średniej wartości błędu różnej od zera

Błędy kwantyzacji można traktować jako szum związany z procesem przetwarzania analogowo-cyfrowego. Wartość międzyszczytowa napięcia szumu kwantyzacji jest równa przedziałowi kwantowania q , a wartość skuteczna obliczona dla przebiegu piłokształtnego (rys.3b) jest równa $q/\sqrt{12}$. Wpływ tego szumu na pracę systemów zawierających przetwornik A/C można wyjaśnić rozważając system składający się z przetwornika A/C z rejestrem wyjściowym, z którego dane cyfrowe są ponownie zamienione na wielkości analogowe w przetworniku C/A. Doprowadzając do wejścia takiego systemu przebieg narastający liniowo, uzyskuje się na wyjściu odtworzony przebieg wejściowy z dodaniem szumu kwantyzacji. Ponieważ szum wynika z samej istoty procesu przetwarzania A/C, więc jedyną możliwością jego zredukowania jest zastosowanie przetwornika A/C o mniejszym błędzie kwantyzacji, czyli o większej rozdzielczości. Błąd kwantyzacji, zwany też błędem cyfrowym przetwornika A/C, jest uwarunkowany liczbą bitów słowa wyjściowego i określany jako zdolność rozdzielcza lub rozdzielczość.

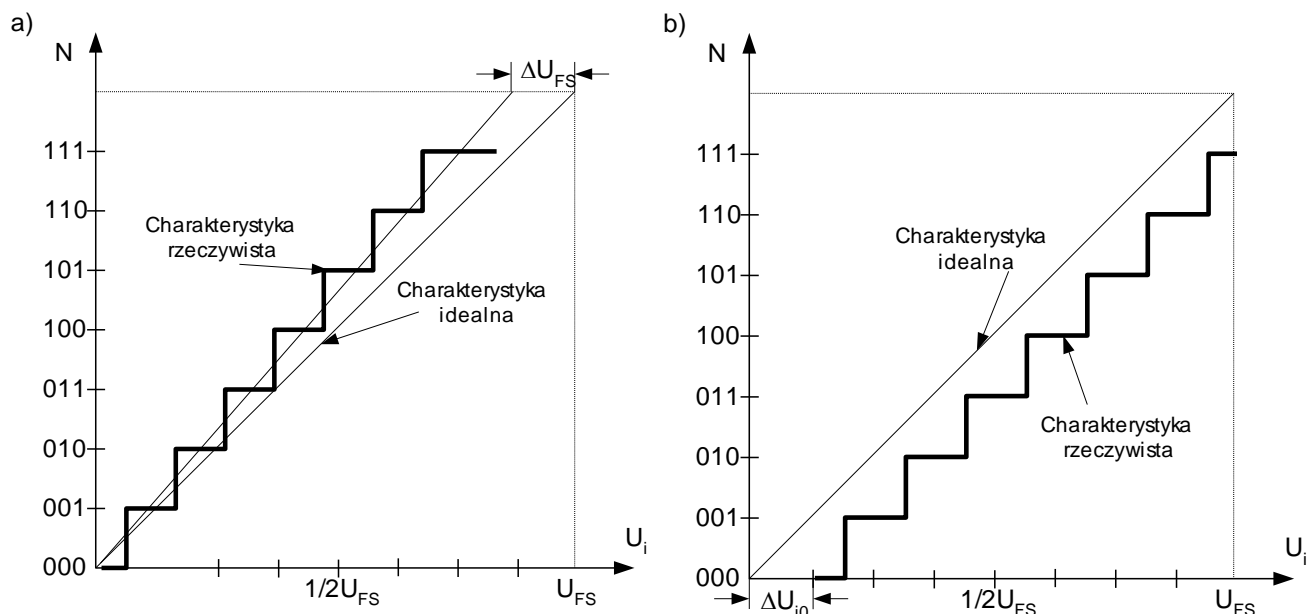
3.3.1 Błędy analogowe przetworników analogowo-cyfrowych

Błędy analogowe przetwornika A/C są wyrażane przez nieliniowość całkową i różniczkową, błąd przesunięcia zera i błąd skalowania.

Błąd wzmocnienia lub skalowania (ang. gain error) wynika ze zmiany nachylenia rzeczywistej charakterystyki przetwarzania w stosunku do charakterystyki idealnej (rys.4 **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) i jest określony przez odchylenie

ΔU_{FS} rzeczywistej wartości pełnego nominalnego zakresu przetwarzania od wartości idealnej. Jest on wyrażany jako procentowa wartość względna.

Błąd przesunięcia zera (lub błąd niezrównoważeni ang. offset error) jest określony przez wartość ΔU_{i0} rzeczywistej charakterystyki w stosunku do charakterystyki idealnej przechodzącej przez punkt zerowy (rys. 4b). Błąd jest wyrażany w jednostkach napięcia wejściowego lub jako procentowa wartość względna odniesiona do pełnego zakresu przetwarzania.



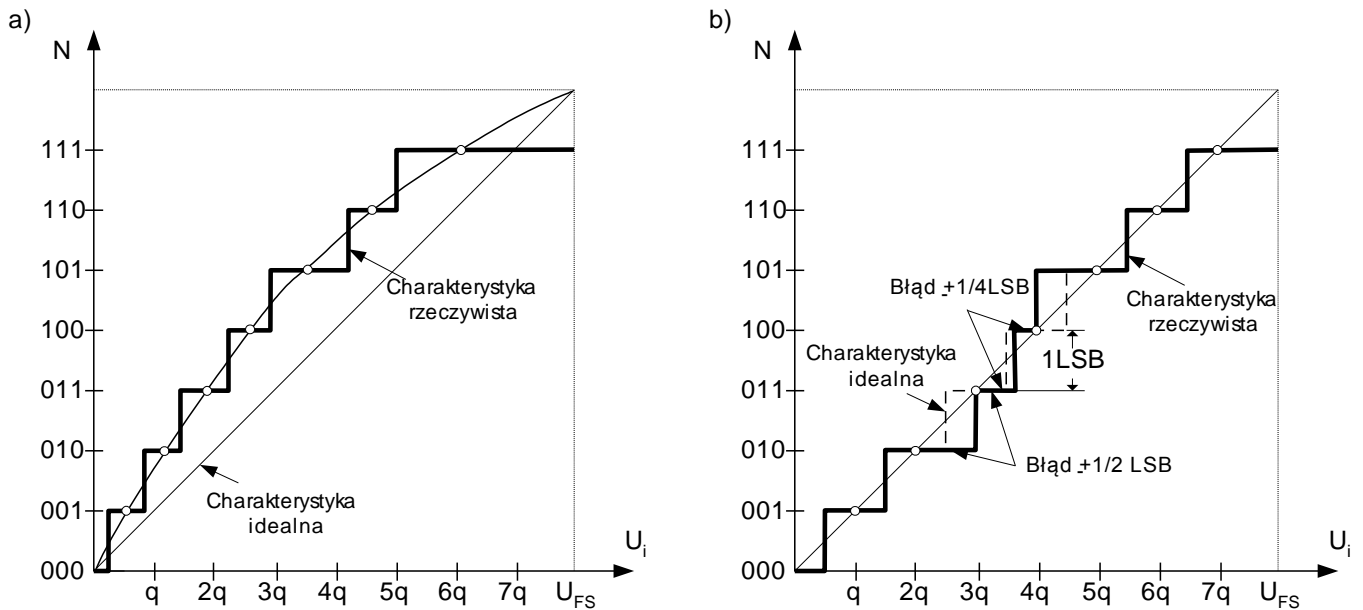
Rys.4. Charakterystyka przetwarzania przetwornika A/C: a) z błędem wzmocnienia, b) z błędem przesunięcia zera

Nieliniowość całkowita (ang. *integral nonlinearity*) jest określana jako maksymalne względne odchylenie $(\Delta U_i)_{max}$ rzeczywistej charakterystyki przetwarzania $N = f(U_i)$ od charakterystyki idealnej, będącej prostą łączącą skrajne punkty zakresu przetwarzania. Charakterystykę rzeczywistą wyznacza się jako linię łączącą środki przedziałów napięcia U_i , odpowiadających kolejnym wartościom cyfrowym na wyjściu przetwornika. Nieliniowość całkowita jest określana liczbowo jako:

$$\varepsilon_c = \frac{(\Delta U_i)_{max}}{U_{FS}} 100\%$$

Przykład charakterystyki przetwarzania obciążonej błędem nieliniowości całkowitej przedstawiono na rys. 5a.

Powyższa definicja jest tradycyjnie stosowana przy określaniu katalogowej nieliniowości całkowitej - jest to tzw. definicja dla punktów skrajnych (ang. „*endpoint definition*”). Istnieje również inna definicja, rzadziej używana, w której prostą odniesienia wykreśla się nie przez punkty krańcowe zakresu, lecz w taki sposób, aby odchylenia punktów leżących na charakterystyce rzeczywistej od prostej odniesienia były możliwie najmniejsze. Jest to tak zwana definicja "najlepszego dopasowania" (ang. "*best-fit definition*"). Stosowanie tej definicji jest utrudnione w praktyce z uwagi na czasochłonną procedurę wykreślenia prostej o najlepszym dopasowaniu.

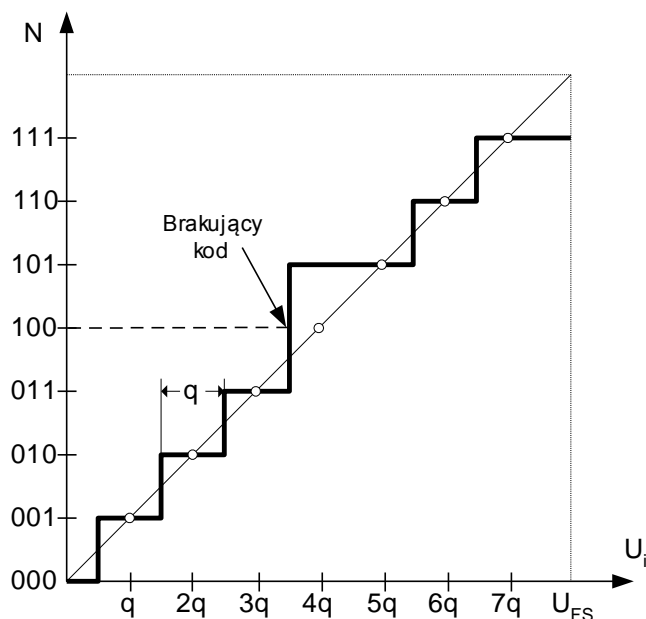


Rys.5. Charakterystyka przetwornika A/C z błędem nieliniowości: 3.4 całkowitej, 3.5 różniczkowej.

Nieliniowość różniczkowa (ang. *differential nonlinearity*) jest określana przez wyznaczenie różnic między sąsiednimi wartościami napięcia wejściowego U_i , powodującymi zmianę słowa wyjściowego o wartość najmniej znaczącego bitu (1 LSB). Nieliniowość różniczkowa jest podawana w procentach jako maksymalne względne odchylenie tej różnicy od jej wartości średniej w całym zakresie przetwarzania lub wyrażana w ułamkach wartości LSB, co należy rozumieć jako ułamek wartości analogowego przedziału kwantowania q odpowiadającego 1 LSB.

Nieliniowość różniczkową można również zdefiniować jako maksymalne względne odchylenie wielkości elementarnego przedziału kwantowania (odpowiadającego 1 LSB) od jego wartości nominalnej, równej $U_{FS}/2^n$. Tak więc katalogową wartość nieliniowości różniczkowej, równą na przykład $\pm 1/2$ LSB, należy rozumieć jako informację, że wielkość wszystkich przedziałów kwantowania w przetworniku musi się mieścić w granicach wartości odpowiadających $1/2$ LSB oraz 1 i $1/2$ LSB. Na rys.5b przedstawiono charakterystykę przetwarzania przetwornika 3-bitowego z zaznaczeniem błędów nieliniowości różniczkowej. W podanym przykładzie w czterech poziomach kwantowania występują błędy nieliniowości różniczkowej równe: $\pm 1/2$ LSB i $\pm 1/4$ LSB.

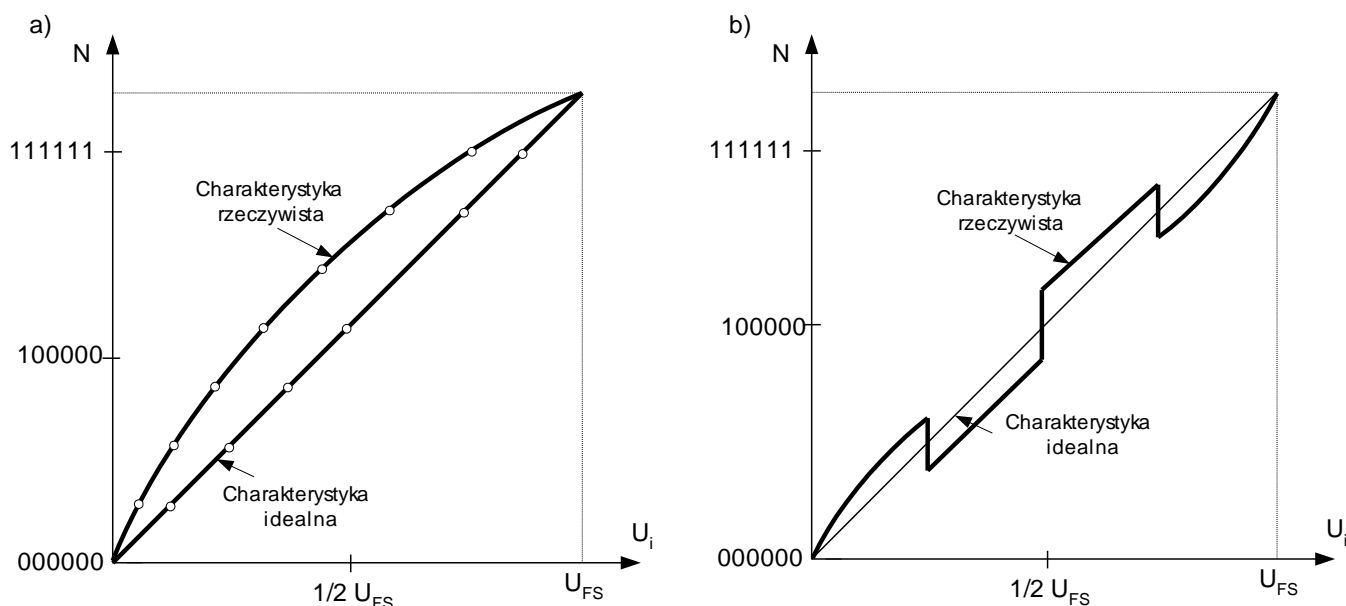
Jeśli błąd nieliniowości różniczkowej przekracza wartość ± 1 LSB, to w przebiegu charakterystyki przetwarzania mogą wystąpić brakujące kody (tzw. dziury kodowe). Przykład takiej charakterystyki 3-bitowego przetwornika A/C zamieszczono na rys. 6. W charakterystyce nie pojawia się poziom kwantowania odpowiadający wartości cyfrowej 100. Błąd nieliniowości różniczkowej w całym zakresie przetwarzania mniejszy od ± 1 LSB daje gwarancję, że nie ma brakujących kodów w charakterystyce przetwarzania. Z tego powodu w danych katalogowych w rubryce dotyczącej nieliniowości różniczkowej spotyka się stwierdzenie "nie ma brakujących kodów" (ang. *no missing codes*), które interpretuje się jako nieliniowość różniczkową mniejszą od ± 1 LSB.



Rys. 6. Charakterystyka przetwornika A/C z brakującym kodem

Wystąpienie brakujących kodów jest najbardziej prawdopodobne w przetwornikach A/C z kompensacją wagową, gdzie źródłem tego błędu jest niemonotoniczność charakterystyki przetwornika cyfrowo-analogowego użytego w układzie.

Charakter błędu nieliniowości wiąże się z metodą przetwarzania zastosowaną w przetworniku. Na rys.7 przedstawiono przebiegi rzeczywistych charakterystyk przetwarzania w najczęściej stosowanych przetwornikach A/C z podwójnym całkowaniem i z kompensacją wagową. Jako przykłady zamieszczono charakterystyki przetworników o rozdzielczości 6 bitów oraz błędzie nieliniowości znacznie uwydatnionym w stosunku do występującego w układach rzeczywistych.



Rys.7. Charakterystyki przetwarzania przetwornika A/C: a) z podwójnym całkowaniem – metoda czasowa, b) kompensacją wagową.

W przetworniku z podwójnym całkowaniem (metoda czasowa) dominujący wpływ na kształt charakterystyki ma nieliniowość integratora, z czego wynika kształt regularny z dominującym wpływem nieliniowości całkowitej. Błąd nieliniowości różniczkowej jest w tej metodzie bardzo mały i na ogół pomijalny. W przetworniku z kompensacją wagową stosuje się przełączanie napięcia lub prądu odniesienia o wartościach wagowych. Z tego powodu w punktach charakterystyki odpowiadających przełączeniom (tzn. przy $U_i = U_{FS}/2, U_{FS}/4, 3/4 U_{FS}$, itd.) mogą występować skokowe zmiany, spowodowane niedokładnym doбором stosunków wartości wagowych napięcia lub prądu odniesienia. Charakterystyka odznacza się w tym przypadku dużą nieliniowością różniczkową. Trzeba podkreślić, że o ile błędy przesunięcia zera i wzmocnienia mogą być w nowoczesnych przetwornikach całkowicie kompensowane przez regulację elementów układu, to błąd nieliniowości całkowitej i różniczkowej jest nierozłącznie związany z działaniem przetwornika i można go zredukować tylko przez zastosowanie innego, lepszego typu układu lub przez odpowiednią korekcję.

4 Opis stanowiska laboratoryjnego

Stanowisko laboratoryjne składa się z przetwornika analogowo-cyfrowego, uniwersalnej płytki stykowej, źródła zasilania, generatora sygnału prostokątnego, potencjometru obrotowego, woltomierza cyfrowego, diod LED oraz przewodów połączeniowych. Elementy te należy połączyć zgodnie z przygotowanymi schematami aby możliwe było przeprowadzenie badań.

5 Przebieg ćwiczenia laboratoryjnego

Podczas ćwiczenia laboratoryjnego należy:

- Połączyć tor pomiarowy zgodnie z opracowanym schematem;
- Przeprowadzić badania przetwornika zgodnie z protokołem.

Badania polegać będą na określeniu wartości napięcia dla zmiany najmniej znaczącego bitu oraz pomiar napięcia dla wszystkich 256 stanów wyjściowych przetwornika AC dwukrotnie: zmieniając wartość napięcia potencjometrem od zera do maksymalnego i z powrotem. Należy uzupełnić protokół i oddać prowadzącemu na zakończenie ćwiczenia do sprawdzenia.

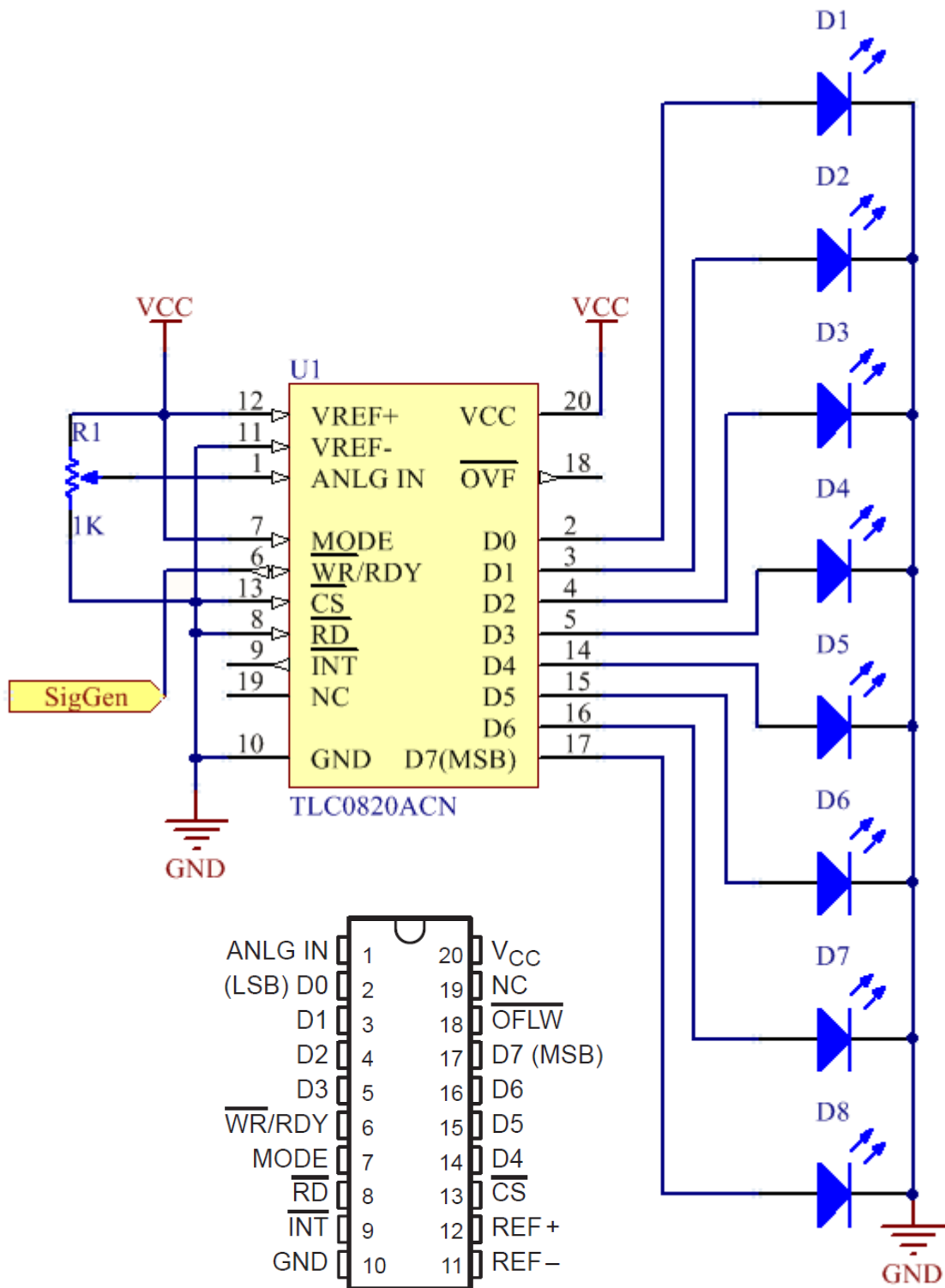
6 Protokół

Załącznik 1 do niniejszej instrukcji stanowi protokół, który należy wydrukować i uzupełnić podczas ćwiczenia. Każda strona powinna być wydrukowana na kartce A4 bez pomniejszania. Dopuszcza się wydruk dwustronny.

7 Sprawozdanie

Dla otrzymanych wyników, należy określić błędy przetwornika AC (nieliniowości, przesunięcia zera, wzmocnienia, kwantyzacji), porównać je z wartościami teoretycznymi i informacjami zawartymi w karcie katalogowej przetwornika oraz wyciągnąć wnioski z przeprowadzonego ćwiczenia.

8 Schemat elektryczny podstawowego toru pomiarowego



Przedmiot:

Metrologia II

Temat ćwiczenia laboratoryjnego:

Badanie przetworników AC różnych typów

Nazwa/numer grupy szkoleniowej:

.....

Skład podgrupy:

1.

2.

3.

Data wykonania ćwiczenia:

.....

Imię i nazwisko prowadzącego ćwiczenie:

mgr inż. Bartosz Brzozowski

Tabela oceny wykonania ćwiczenia:

Lp..	Zadanie	Zrealizowano	
		Tak	Nie
1.	Przygotowanie toru pomiarowego		
2.	Uruchomienie toru pomiarowego		
3.	Przeprowadzenie badań LSB		
4.	Przeprowadzenie badań 256 stanów		
5.	Charakterystyka przetwarzania		
6.	Błędy przetwornika AC		
7.	Prawidłowo sformułowane wnioski		
		Ocena	

1. Przygotowanie toru pomiarowego

Poniższe punkty należy przygotować przed przystąpieniem do ćwiczenia laboratoryjnego.

1.1. Parametry badanego toru pomiarowego

Model badanego przetwornika AC	Texas Instruments TLC0820ACN
Zakres badanego napięcia	
Zakładana dokładność pomiaru napięcia	
Rezystancja potencjometru	
Zasilanie	5 [V]

1.2. Obliczenie parametrów dzielnika napięcia

1.3. Schemat elektryczny (narysowany odręcznie)

2. Badanie przetwornika analogowo cyfrowego

2.1. Wartość napięcia zmiany najmniej znaczącego bitu

Przebieg pomiarów:

1. Ustawić potencjometr w połowie zakresu przetwarzania (stan 1000 000)
2. Odczytać i zapisać napięcie w odpowiednie miejsce w poniższej tabeli
3. Kręcić powoli potencjometrem aż do zmiany stanu o LSB (stan 1000 0001)
4. Odczytać i zapisać napięcie w odpowiednie miejsce w poniższej tabeli
5. Kręcąc powoli potencjometrem wrócić do stanu poprzedniego (stan 1000 000)
6. Powtórzyć czynności 1-5 aż do wypełnienia tabeli
7. Obliczyć wartość napięcia zmiany LSB dla każdego pomiaru, średnią oraz **błędy**

Lp.	Wartość napięcia		
	1000 0000	1000 0001	LSB
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
		Średnia	

Obliczenia:

2.2. Wartość napięcia dla kolejnych stanów przetwornika AC

Przebieg pomiarów:

1. Ustawić potencjometr w skrajne położenie (stan binarny 0000 000)
2. Odczytać i zapisać napięcie w odpowiednie miejsce w poniższej tabeli
3. Kręcić powoli potencjometrem aż do zwiększenia stanu o 10 LSB obserwując czy nie występują dziury kodowe.
4. Odczytać i zapisać napięcie w odpowiednie miejsce w poniższej tabeli, spostrzeżenia odnotować w uwagach
5. Powtórzyć czynności 3-4 aż do wypełnienia tabeli
6. Ustawić potencjometr w przeciwne skrajne położenie (maksymalny stan)
7. Odczytać i zapisać napięcie w odpowiednie miejsce w poniższej tabeli
8. Kręcić powoli potencjometrem aż do zmniejszenia stanu o 10 LSB
9. Odczytać i zapisać napięcie w odpowiednie miejsce w poniższej tabeli
10. Powtórzyć czynności 8-9 aż do wypełnienia tabeli
11. Wykreślić charakterystykę przetwarzania przetwornika AC oraz wyznaczyć **błędy**

Obliczenia/Notatki:

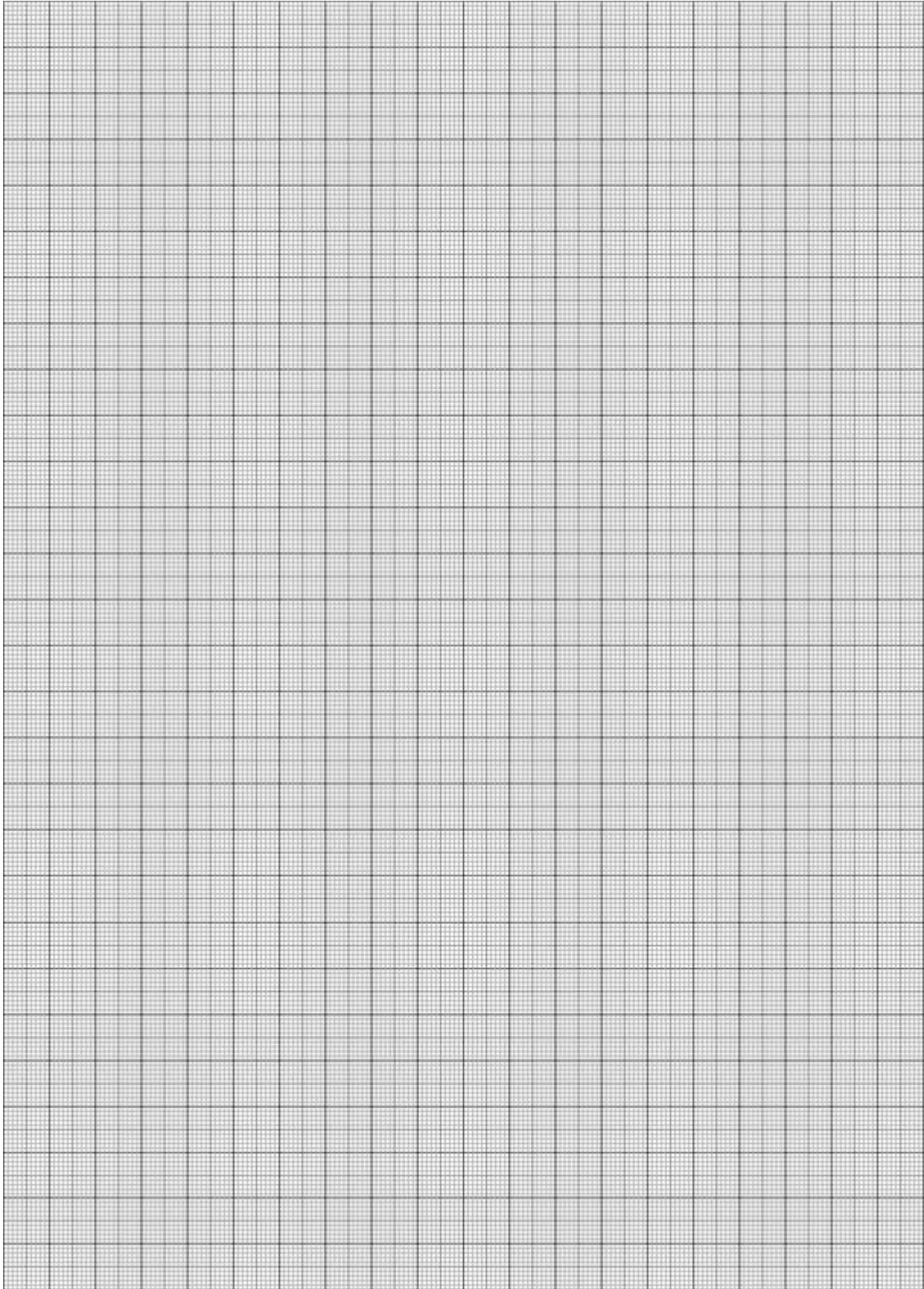
Protokół
Badanie przetworników AC różnych typów

Tabela pomiarowa:

Stan (dziesiętnie)	Wartość napięcia podczas zmiany stanów w górę	Wartość napięcia podczas zmiany stanów w dół	UWAGI
0			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			
130			
140			
150			
160			
170			
180			
190			
200			
210			
220			
230			
240			
250			
MAX			

3. Opracowanie wyników pomiarów

3.1. Wykres charakterystyki przetwarzania



3.2. Wyznaczenie błędów przetwornika AC

4. Wnioski