

ROZDZIAŁ I: Budowa urządzeń elektronicznych

Temat 1 : Układ elektroniczny. Schematy elektryczne.

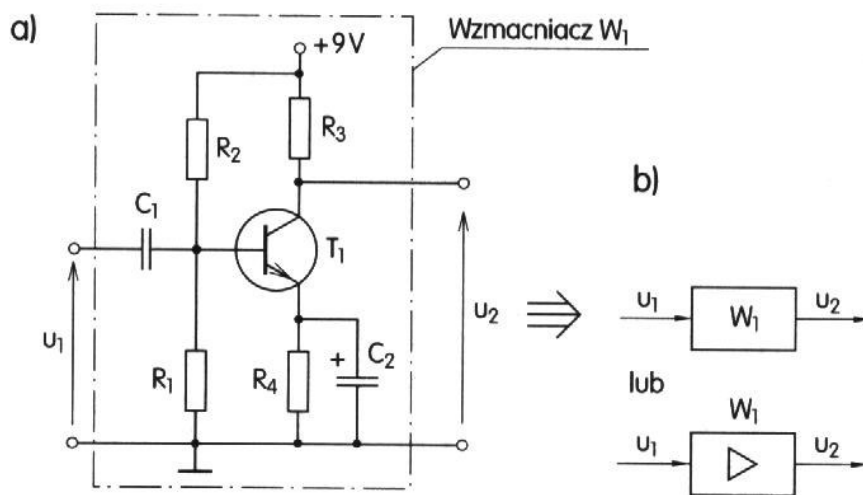
Układem elektronicznym jest zespół elementów elektronicznych tworzących pewną całość (którą umownie można rozważać jako samodzielny obiekt fizyczny) i wykonujących określone zadanie.

Przy konstruowaniu i analizie układów elektronicznych, podobnie jak w przypadku układów elektrycznych, posługujemy się rysunkami zwanymi **schematami elektrycznymi**.

Schemat zasadniczy (ideowy) jest to rysunek przedstawiający układ połączeń elementów istotnych ze względu na zasadę (ideę) działania tego urządzenia.

Schemat strukturalny natomiast zawiera symbole wszystkich elementów układu i wszystkie połączenia elektryczne pomiędzy jego elementami.

Schemat funkcjonalny przedstawia uproszczoną budowę układu elektronicznego w postaci bloków funkcjonalnych i wzajemne relacje między nimi. Schemat funkcjonalny ułatwia zrozumienie zasady działania złożonego układu elektronicznego.



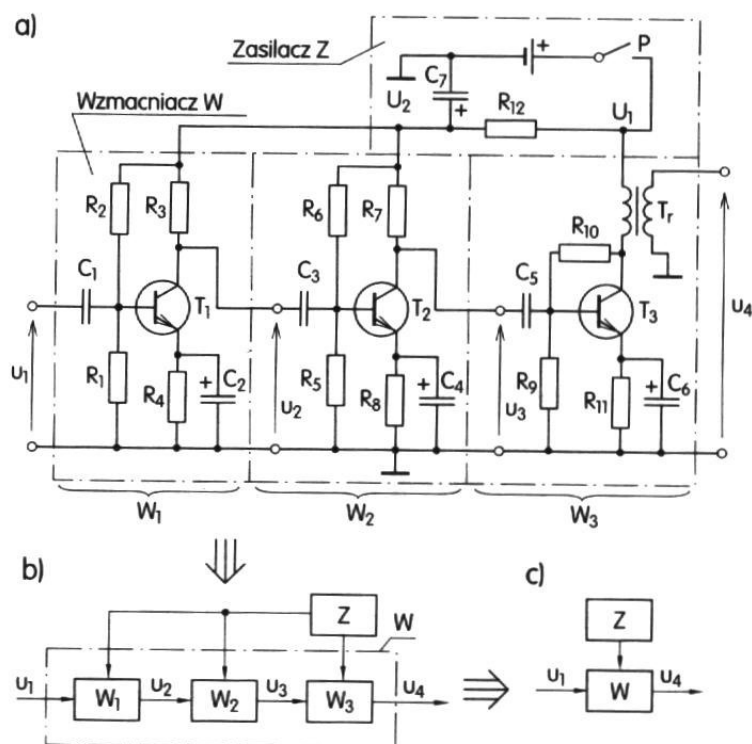
Rys.1.1. Wzmacniacz tranzystorowy jednostopniowy: a) schemat strukturalny; b) symbole funkcjonalne. u_1 – napięcie wejściowe, u_2 – napięcie wyjściowe, T_1 – tranzystor, C_1 , C_2 – kondensatory, $R_1...R_4$ – rezystory.

Obydwa schematy określają ten sam wzmacniacz, ale różnią się precyzją.

Trzy poziome kreski ze strzałką między rysunkami 1.1a i 1.1b oznaczają, że symbole funkcjonalne bloku z 1.1b są równoważne schematowi strukturalnemu z rys.1.1a.

Schemat strukturalny wzmacniacza trójstopniowego jest skomplikowany, bo zawiera dużo elementów. W pierwszej chwili trudno się zorientować w jego działaniu.

Podzielenie schematu liniami osiowymi na bloki funkcjonalne upraszcza ten problem. Każdy z bloków jest również układem.



Rys.1.2. Wzmacniacz trójstopniowy: a) schemat strukturalny, b) schemat funkcjonalny szczegółowy, c) schemat funkcjonalny uproszczony.

T_r – transformator; P – wyłącznik; W_1, W_2, W_3 – poszczególne stopnie wzmacnienia wzmacniacza trójstopniowego W ; Z – zasilacz; u_1, u_4 – napięcie wejściowe i wyjściowe; u_2, u_3 – napięcia międzystopniowe

Temat 2 : Symbole graficzne elementów.

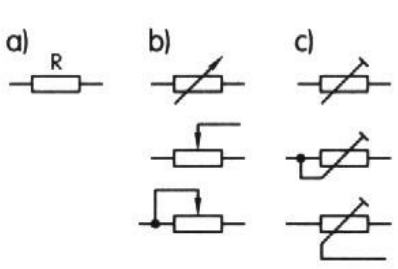
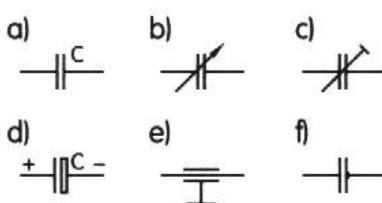
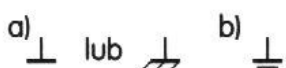
Elementami głównymi rysunków technicznych elektrycznych są *oznaczenia* i *symbole*.
Symbole graficzne elektryczne dzieli się na:

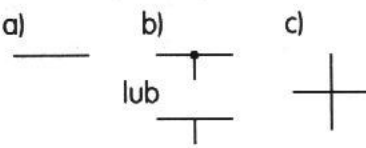


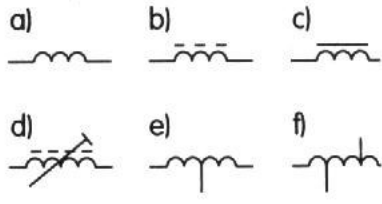
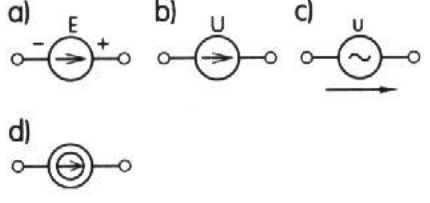
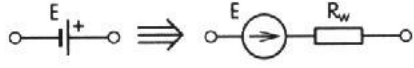
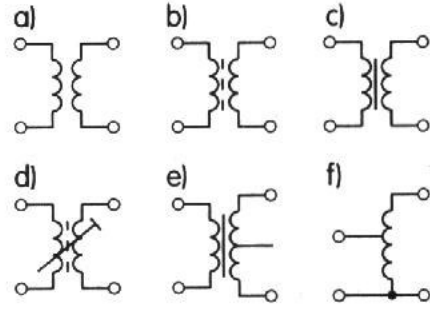
- ogólne,
- przedmiotowe,
- rozróżniające.
















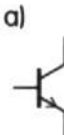

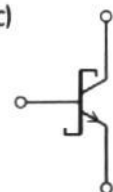
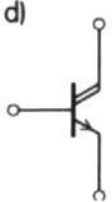
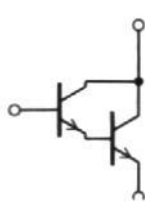
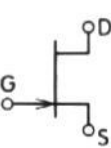
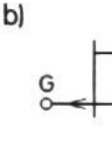
Symbole ogólne określają zjawiska występujące w elektryce. Symbole przedmiotowe przedstawiają obiekty elektryczne. Symbole rozróżniające określają zasady pracy obiektów, rodzaj wykorzystywanego zjawiska lub jego właściwości.

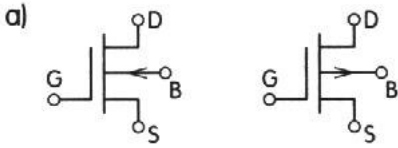
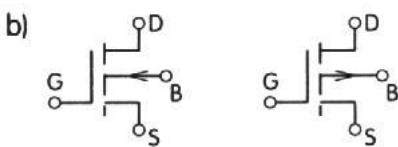
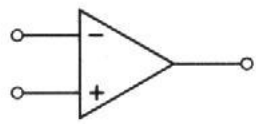




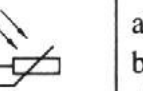
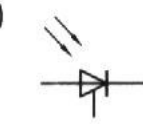
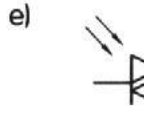
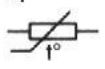
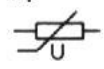
Rysunki techniczne elektryczne i elektroniczne wykonane zgodnie z wytycznymi norm międzynarodowych stają się zrozumiałe na całym świecie i często zawierają niezbędne informacje dotyczące obiektów i wyrobów elektrycznych i elektronicznych.

Tabela 1.1. Symbole graficzne elementów stosowanych w elektrotechnice i elektronice:

Lp.	Symbol elementu	Nazwa elementu
1		Rezystory (oporniki): a) stały, b) zmienny — potencjometr (rezystancja zmieniana ręcznie), c) nastawny. Oznaczeniem kodowym rezystancji 1000 Ω jest litera wielka K, np. 10 000 Ω oznacza się 10 K.
2		Kondensatory: a) stały, b) zmienny, c) nastawny — trymer, d) elektrolityczny, e) przepustowy, f) z oznaczoną elektrodą zewnętrzną.
3		a) masa, podstawa urządzenia metalowa), b) uziemienie.

Lp.	Symbol elementu	Nazwa elementu
4		Przewody: a) pojedynczy, b) z odgałęzieniem, c) skrzyżowanie przewodów nie połączonych elektrycznie.
5		Ekrany (osłony) zamknięte: a) elektrostatyczny, b) magnetyczny.
6		Przewód w ekranie połączonym z masą układu.
7		Cewki indukcyjne (dławiki): a) bez rdzenia, b) z rdzeniem ferrytowym, c) z rdzeniem stalowym, d) dostrajana rdzeniem, e), f) z odczepami.
8		Idealne źródło: a), b) napięcia stałego, c) napięcia zmiennego, d) prądowe.
9		Rzeczywiste źródło napięcia: E — siła elektromotoryczna, R_w — rezystancja wewnętrzna.
10		Transformatory: a) powietrzny (bez rdzenia), b) z rdzeniem ferrytowym, c) z rdzeniem stalowym, d) z przesuwany rdzeniem ferrytowym, e) z rdzeniem stalowym i uzwojeniem z odczepami, f) autotransformator bez rdzenia.

Lp.	Symbol elementu	Nazwa elementu
11	<p>a)  lub </p> <p>b)  lub  lub </p> <p>c)  lub </p>	<p>Zestyki:</p> <p>a) zwierny, b) rozwierny, c) przełączny.</p>
12	<p>a)  b)  c) </p> <p>d)  e) </p> <p>f)  lub  g) </p>	<p>Diody półprzewodnikowe:</p> <p>a) symbol ogólny, b) dioda Zenera, c) dioda pojemnościowa (warikap), d) dioda świecąca w czasie przewodzenia, e) dioda przełączająca, f) dwukierunkowa dioda przełączająca — diak, g) dioda Schottky'ego.</p>
13	<p>a)  b)  c) </p> <p>d)  lub </p>	<p>Tranzystory bipolarne:</p> <p>a) typu NPN, b) typu PNP, c) z diodą Schottky'ego przeciwdziałającą nasyceniu, d) układ Darlingtona.</p>
14	<p>a)  b) </p>	<p>Tranzystory polowe złączowe (typu FET), z kanałem:</p> <p>a) typu N, b) typu P.</p>

Lp.	Symbol elementu	Nazwa elementu
15	<p>a) </p> <p>b) </p>	<p>Trynzystory polowe typu MOS (z izolowaną bramką):</p> <p>a) z kanałem zubożonym (typu N i typu P),</p> <p>b) z kanałem wzbogaconym (typu N i typu P).</p>
16		Wzmacniacz operacyjny
17	<p>a) </p> <p>b) </p>	<p>Tyrystory:</p> <p>a) jednokierunkowy (asymetryczny),</p> <p>b) dwukierunkowy (symetryczny) — triak</p>
18	<p>a) </p> <p>b) </p> <p>c) </p> <p>d) </p> <p>e) </p>	<p>Fotoczułe elementy półprzewodnikowe:</p> <p>a) fotodioda,</p> <p>b) fototranzystor,</p> <p>c) fotorezystor,</p> <p>d) fototyrystor,</p> <p>e) fototriak,</p> <p>f) transoptor.</p>
19	<p>a) </p> <p>b) </p>	<p>Rezystory półprzewodnikowe:</p> <p>a) termistor,</p> <p>b) warystor.</p>

ROZDZIAŁ I: Budowa urządzeń elektronicznych

Temat 3 : Układ automatyki. Pojęcia i definicje.

Układy sterowania automatycznego:

- zamknięte układy sterowania (układy regulacji automatycznej),
- otwarte układy sterowania.

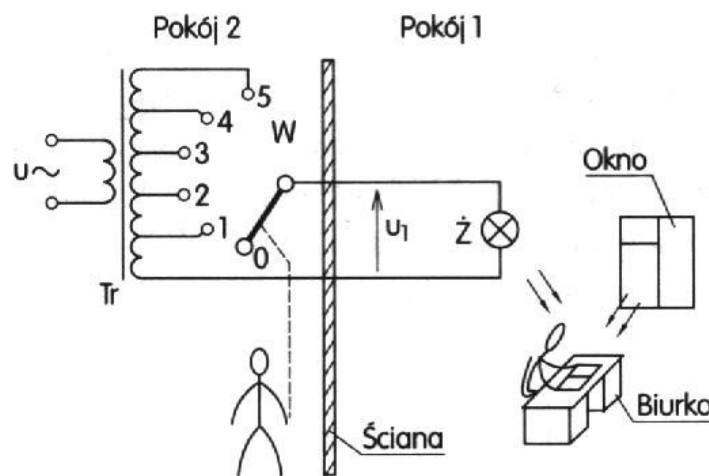
Cechą szczególną układów regulacji automatycznej jest występowanie w nich ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Otwarte układy sterowania nie przeciwdziałają zakłóceniom oddziałującym na obiekt sterowany, lecz sterują obiektem w sposób z góry zaplanowany, np. układ zdalnego przełączania programów TV za pomocą pilota.

Otwarty układ automatyki jest układem bez sprzężenia zwrotnego.

Układ regulacji automatycznej jest układem ze sprzężeniem zwrotnym.

Otwarty układ sterowania.



Rys. 3.1. Układ sterowania oświetleniem miejsca pracy

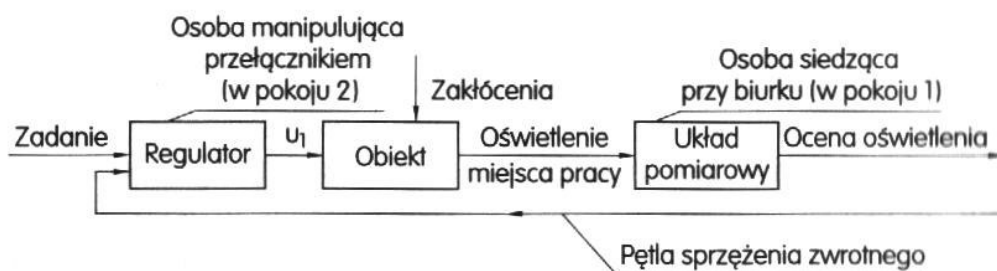


Rys.3.2. Schemat funkcjonalny układu sterowania oświetleniem z rys. 3.1

Sprzężenie zwrotne.

Sprzężenie zwrotne polega na wprowadzeniu na wejście urządzenia sterującego informacji o wielkości wyjściowej układu sterowania.

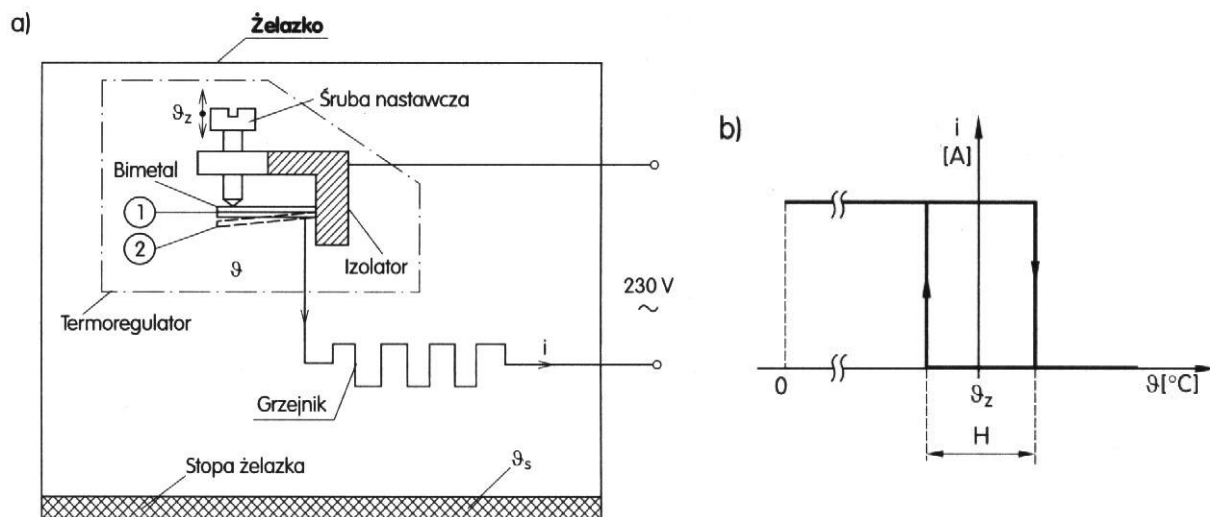
Układ sterowania ze sprzężeniem zwrotnym nazywamy *układem regulacji automatycznej* lub *zamkniętym układem sterowania*.



Rys.3.3. Schemat funkcjonalny ze sprzężeniem zwrotnym z rys. 3.1. w przypadku funkcjonowania sprzężenia zwrotnego

ROZDZIAŁ I: Budowa urządzeń elektronicznych

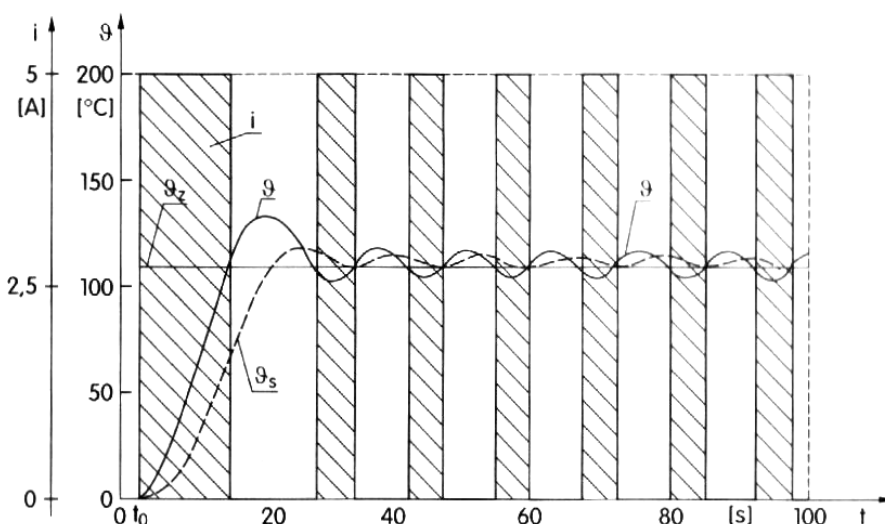
Temat 4 : Układ regulacji automatycznej.



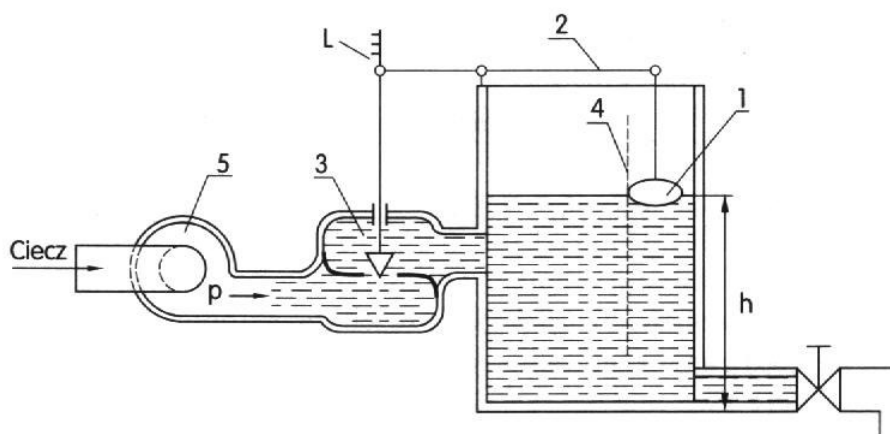
Rys.4.1.
Żelazko
elektryczne z

termoregulatorem: a) schemat zasadniczy; b)
charakterystyka pracy regulatora bimetalicznego.

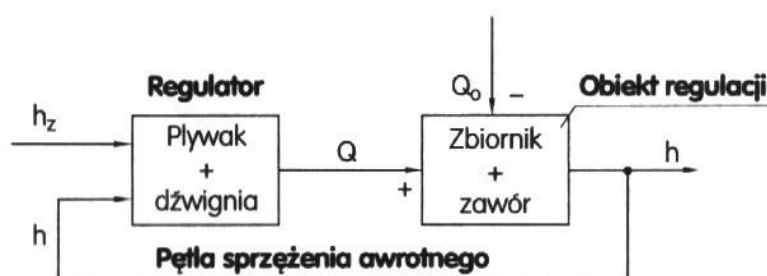
Termoregulatorem w żelazku jest **bimetal**. Bimetalem są dwie blaszki z dwóch różnych metali o różnych współczynnikach rozszerzalności cieplnej, połączone ze sobą na stałe (np. poprzez zgrzanie).



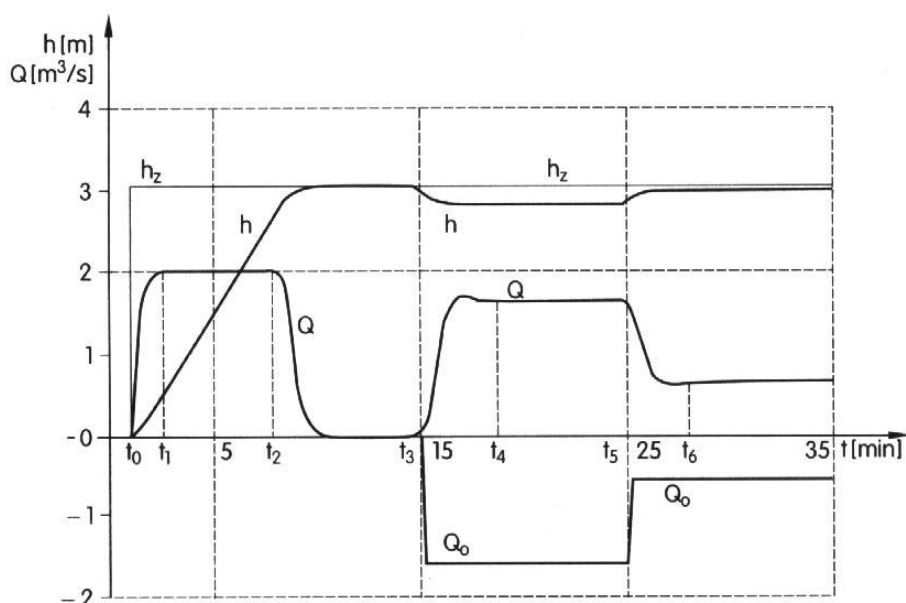
Rys.4.2. Przebiegi obserwowane w układzie regulacji temperatury żelazka
 $\vartheta_z = 110^\circ\text{C}$, $\vartheta_{\max} = 300^\circ\text{C}$, $H = 5^\circ\text{C}$; i – prąd grzejnika; ϑ – temperatura bimetalu,
 ϑ_s – temperatura stopy żelazka, ϑ_z – temperatura zadana.



Rys.4.3. Pływakowy regulator poziomu cieczy w zbiorniku. 1 – pływak, 2 – dźwignia, 3 – zawór regulacyjny, 4 – prowadnica pływaka, 5 – pompa. p – ciśnienie cieczy zasilającej, h – poziom cieczy, Q , Q_o – przepływy cieczy [m^3/s lub m^3/min], L – element służący do zadawania poziomu h_z .



Rys.4.4. Schemat funkcjonalny układu regulacji poziomu cieczy w zbiorniku. h_z – poziom zadany, h – poziom regulowany [m], Q – dopływ cieczy do zbiornika [m^3/min], Q_o – odpływ cieczy, tzn. zakłócenie procesu regulacji [m^3/min].

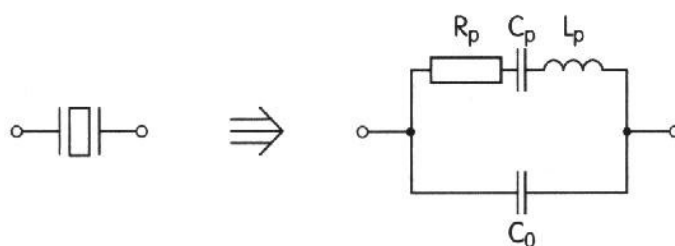


Rys.4.5. Przebiegi obserwowane w układzie regulacji poziomu wywołane skokową zmianą wartości zadanej h_z , a następnie skokowymi zmianami odpływu cieczy Q_o .

h_z – poziom zadany [m], h – poziom regulowany [m], Q – dopływ cieczy do zbiornika [m^3/min]

Temat 5 : Rezonatory piezoelektryczne.

Zjawisko piezoelektryczne polega na tym, że pewne materiały krystaliczne (**piezoelektryki**), np. kwarc, poddane odkształceniom mechanicznym stają się źródłem pola elektrycznego. Pole to powstaje wskutek gromadzenia się różnoimiennych ładunków elektrycznych na przeciwległych powierzchniach płytki piezoelektryka, na które działają siły zewnętrzne.



Rys.5.1. Rezonator rzeczywisty i jego schemat zastępczy.

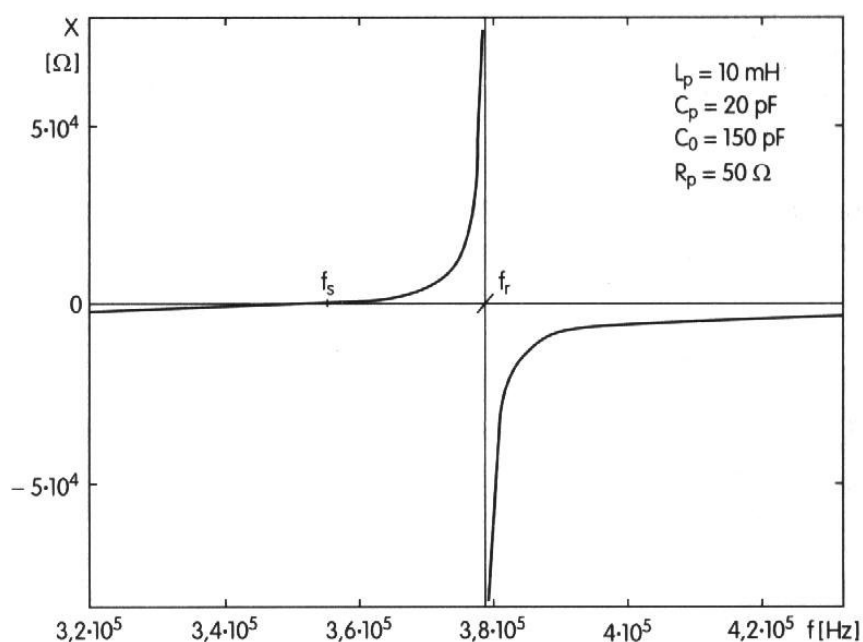
Rezonator jest skomplikowanym dwójnikiem rezonansowym, w którym oprócz rezonansu szeregowego (drgań mechanicznych) może zachodzić również **rezonans elektryczny równoległy** z pojemnością międzyelektrodową C_0 .

Częstotliwości rezonansu szeregowego f_s i równoległego f_r oraz dobroć rezonatora piezoelektrycznego Q_p oblicza się z wzorów:

$$f_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{C_p \cdot L_p}} \quad f_r = f_s \cdot \sqrt{1 + \frac{C_p}{C_0}} \quad Q_p = \frac{1}{R_p} \cdot \sqrt{\frac{L_p}{C_p}}$$

Częstotliwości rezonansowe f_s i f_r są do siebie bardzo zbliżone, zazwyczaj w rezonatorach iloraz $\frac{C_p}{C_0}$ jest bardzo mały i wynosi $0,006 \div 0,01$ zatem

$\frac{f_r}{f_s} \approx 1,003 \div 1,005$. Fakt ten wykorzystuje się w generatorach i wzmacniaczach selektywnych do stabilizacji częstotliwości. Rezonatory piezoelektryczne pracują w tych układach jako elementy filtrów selektywnych (przepuszczających bardzo wąskie pasmo częstotliwości), ponieważ są dwójnikami o bardzo dużej dobroci (w granicach $10^4 \div 10^7$).



Rys.5.2. Wykres reaktancji X rezonatora z rysunku 5.1.

Najbardziej rozpowszechnionym piezoelektrykiem jest **kwarc monokrystaliczny** (dwutlenek krzemu SiO_2). Częstotliwość rezonansowa kwarcu może być ustawiona przy produkcji rezonatora w granicach 2 kHz do 10 MHz, przez dobór wymiarów płytki kwarcowej. Rezonatory kwarcowe o częstotliwości mniejszej niż 100 kHz mają duże wymiary – tym większe, im mniejsza jest częstotliwość rezonansowa. Ze względów na koszty, rezonatory kwarcowe są stosowane głównie w sprzęcie profesjonalnym. W sprzęcie powszechnego użytku, np. w odbiornikach RTV, są stosowane rezonatory wykonane z materiałów ceramicznych – zwłaszcza z cyrkonianu ołowiu PbZrO_3 albo z tytanianu ołowiu PbTiO_3 . **Piezoelektryki ceramiczne** mają nieco gorsze właściwości od kwarcu, ale są tańsze.

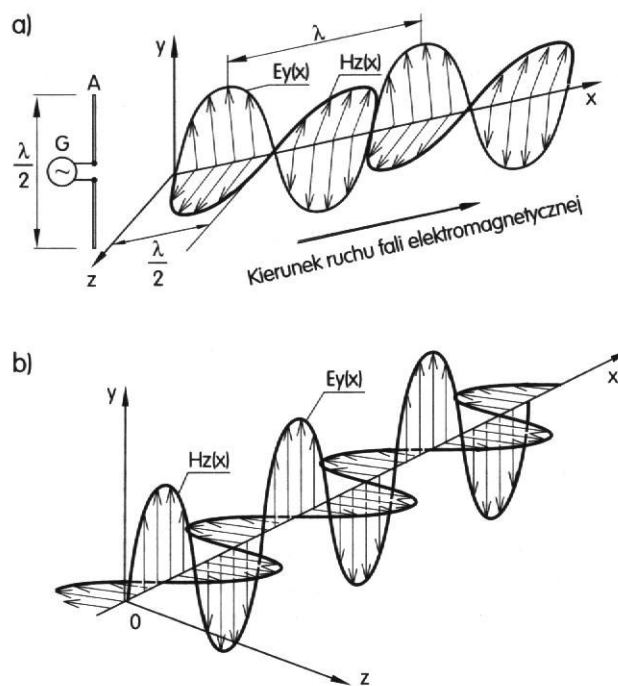
Temat 6 : Właściwości fal elektromagnetycznych, propagacja fal radiowych.

Fala elektromagnetyczna – rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektromagnetycznego, a od fal mechanicznych różni się tym, że mogą rozchodzić się w próżni. Prawa odbicia, załamania i interferencji fal radiowych są analogiczne do praw rozchodzenia się (propagacji) światła. W środowiskach jednorodnych fale elektromagnetyczne rozchodzą się po liniach prostych, a częstotliwość fali przy propagacji nie zmienia się. Częstotliwość zależy tylko od generatora fali, który ją wysłał.

Fala bieżąca – jest falą, która porusza się wzdłuż kierunku rozchodzenia się zwanego promieniem fali ze stałą prędkością, zależną od rodzaju ośrodka.

Prędkość fal elektromagnetycznych wynosi:

- w próżni - $3 \cdot 10^8$ m/s;
- w ośrodkach materialnych - $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$, gdzie: ϵ , μ – przenikalność elektryczna i magnetyczna ośrodka (w próżni $\epsilon = \mu = 1$, a w powietrzu $\epsilon \approx 1$ $\mu \approx 1$).

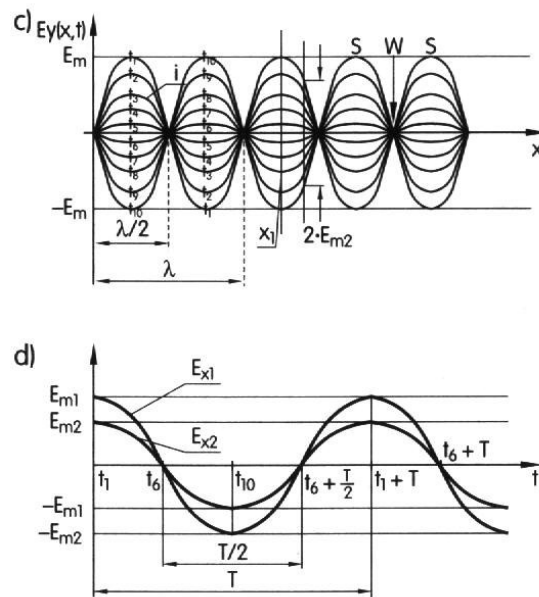


Rys.6.1. Przestrzenny obraz fal elektromagnetycznych: a) fala bieżąca spolaryzowana pionowo; b) fala stojąca; A – antena emitująca falę; x – kierunek rozchodzenia się fali bieżącej z prędkością v ; y – kierunek drgań wektora \vec{E} (pionowy); z – kierunek drgań wektora \vec{H} ; G – generator napięcia $e(t)$ o częstotliwości f ; λ – długość fali; $\lambda = \frac{v}{f}$.

Od idealnego przewodnika fale elektromagnetyczne odbijają się całkowicie.

Fala stojąca – powstaje na skutek interferencji dwóch fal bieżących o jednakowych częstotliwościach, lecz poruszających się w kierunkach przeciwnych. Jeżeli amplitudy tych fal są identyczne, to w rezultacie interferencji otrzymuje się falę stojącą, w której –

wzdłuż kierunku rozchodzenia się fal – istnieją punkty *W* bez drgań zwane *węzłami* i punkty *S* drgające z amplitudami największymi zwane *strzałkami*.



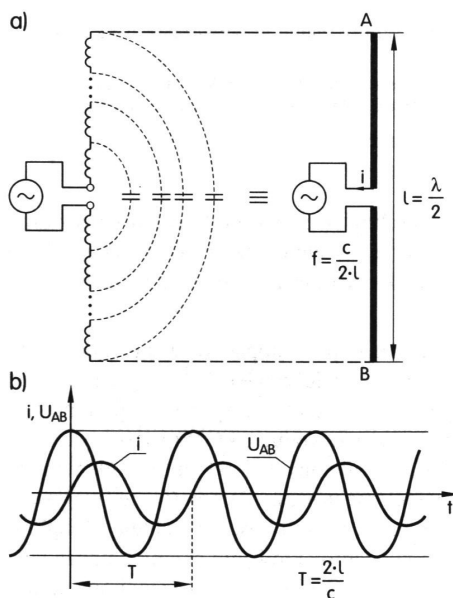
Rys.6.2. Obraz fali stojącej: a) $E_y(x)$ uchwycony w chwilach $t_1 \div t_{10}$; b) przebiegi $E_y(t)$ w punktach x_1 i x_2 .

Czynniki powodujące promieniowanie elektromagnetyczne:

- przechodzenie elektronów atomu z jednej orbity na drugą;
- reakcje jądrowe (promieniowanie γ – gamma);
- gwałtowne hamowanie rozpędzonych elektronów zderzających się z płytką metalową (promieniowanie X – rentgenowskie) lub z luminoforem (świecenie ekranu oscyloskopu lub telewizora);
- zmiany poziomów energetycznych elektronów w ciele stałym (diody świecące lub lasery);
- swobodne elektrony poruszające się ruchem zmiennym (praca zużyta na ich przyspieszanie może być częściowo zmieniona na energię promieniowania elektromagnetycznego), np. megatrony w kuchenkach mikrofalowych o $f=2,4$ GHz. $P=1$ kW, $\eta=65\%$.
- drganie elektronów w przewodnikach pod wpływem zmiennej siły elektromotorycznej (sem) – przewodnik, który przekształca energię źródła sem w energię fali elektromagnetycznej nazywamy **anteną**.

Temat 7 : Budowa i zasada działania anten liniowych.

Anteny liniowe – mają charakter obwodów rezonansowych. Każdy element wzdłuż długości ramienia dipola ma indukcyjność i pojemność rozłożoną (łączącą to ramię z drugim ramieniem), więc jest to złożony obwód rezonansowy.

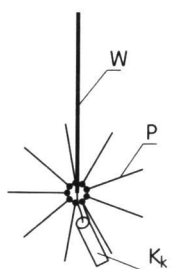


Rys. 7.1. Antena jako obwód rezonansowy: a) schemat zastępczy anteny; b) przebiegi napięcia i prądu; A,B – końce dipola półfalowego, l – długość anteny, f – częstotliwość źródła zasilającego, T i λ – okres i długość fali.

Przy zasileniu anteny napięciem o częstotliwości równej częstotliwości drgań własnych anteny, reaktancja anteny będzie równa zero. Anteny pracujące w rezonansie nazywamy rezonansowymi.

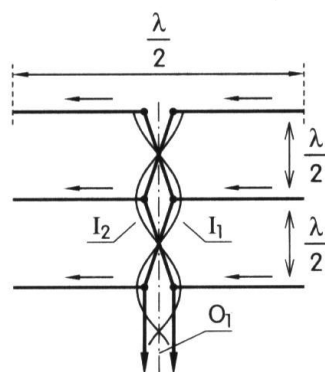
Antenami rezonansowymi są anteny o długości l równej wielokrotności połowy długości fali $l = k \cdot \lambda / 2$, gdzie $k = 1, 2, \dots$. **Wokół dipola powstaje zmienne pole magnetyczne i zmienne pole elektryczne. Antena promieniuje więc energię.**

Anteny z przeciwwagą - rolę przeciwwagi pełni kilka prętów rozstawionych pod kątem mniejszym niż 90° w celu zmiany charakterystyki kierunkowości promieniowania.



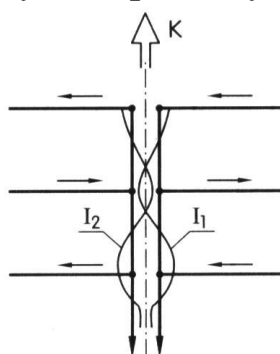
Rys.7.2. Antena niesymetryczna: wibrator W z przeciwwagą P . K_k – kabel koncentryczny.

Antena fazowa – ma dipole ustawione równoległe, w odległości półfali od siebie i dołączone do linii zasilającej naprzemiennie. Dzięki temu w każdym dipolu anteny synfazowej prądy są w fazie, a więc fale emitowane przez nie dodają się w kierunku prostopadłym do płaszczyzny anteny, a redukują w płaszczyźnie anteny.



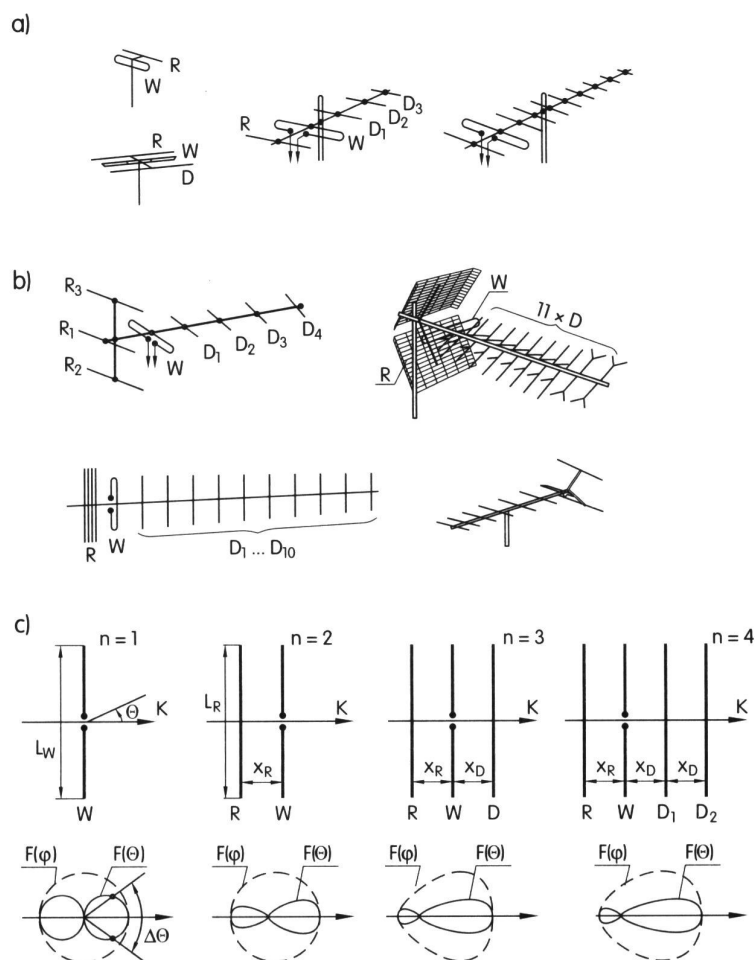
Rys.7.3. Antena synfazowa. O_1 – oś symetrii anteny; \leftarrow i \rightarrow - kierunki prądów w dipolach; I_1 i I_2 – rozkłady prądu w przewodach linii zasilającej.

Antena przeciwfazowa – jest zbudowana podobnie jak synfazowa, ale ma dipole inaczej dołączone do linii zasilającej (równoległe). Dzięki temu, w sąsiednich dipolach rozkłady prądu są przeciwnie skierowane. Wytwarzane fale sumują się zatem wzdłuż kierunku K , a redukują się w kierunku prostopadłym do płaszczyzny anteny.



Rys.7.4. Antena przeciwfazowa. \leftarrow i \rightarrow - kierunki prądów w dipolach; I_1 i I_2 – rozkłady prądu w przewodach linii zasilającej; K – kierunek największego promieniowania anteny przeciwfazowej.

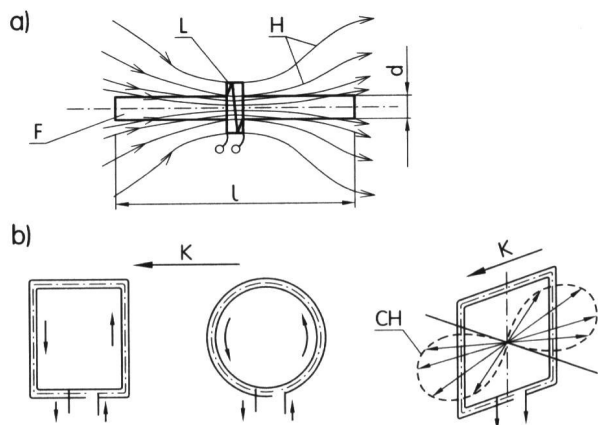
Anteny typu Yagi – otrzymuje się poprzez dodanie do elementu czynnego (dipola) kilku elementów biernych – jednego lub więcej, czasami nawet kilkudziesięciu. Są dwa rodzaje elementów biernych: *reflektory* R (umieszczone z tyłu wibratora W) i *direktory* D (umieszczone przed wibratorem). Im więcej elementów ma antena typu Yagi, tym większy jest zysk i tym węższa charakterystyka promieniowania.



Rys.7.5. Antena typu Yagi: a) z pojedynczym reflektorem; b) z wieloma reflektorami; c) schematy konstrukcji i porównanie anteny dwu-, trój-, i czteroelementowej typu Yagi z dipolem. K – kierunek główny; n – liczba elementów; W – wibrator; R – reflektor;

D – direktor; L_R, L_W, L_D – długości elementów anteny; x_R, x_D – odległości; $F(\varphi)$ i $F(\Theta)$ – charakterystyki kierunkowe promieniowania.

Anteny ferrytowe – stosuje się do odbioru fal długich, średnich i krótkich, przy częstotliwościach 50 kHz÷100 MHz. Indukcyjność cewki L zależy głównie od: przenikalności magnetycznej μ i wymiarów (l i d) rdzenia ferrytowego oraz od liczby zwojów, średnicy i długości cewki, jak również odległości cewki od środka symetrii pręta ferrytowego.



Rys.7.6. Anteny ferrytowa (a) i ramowe (b). H – linie sił pola magnetycznego fali elektromagnetycznej, F – pręt ferrytowy,

L – cewka, l i d – długość i średnica pręta ferrytowego, K – kierunek główny,

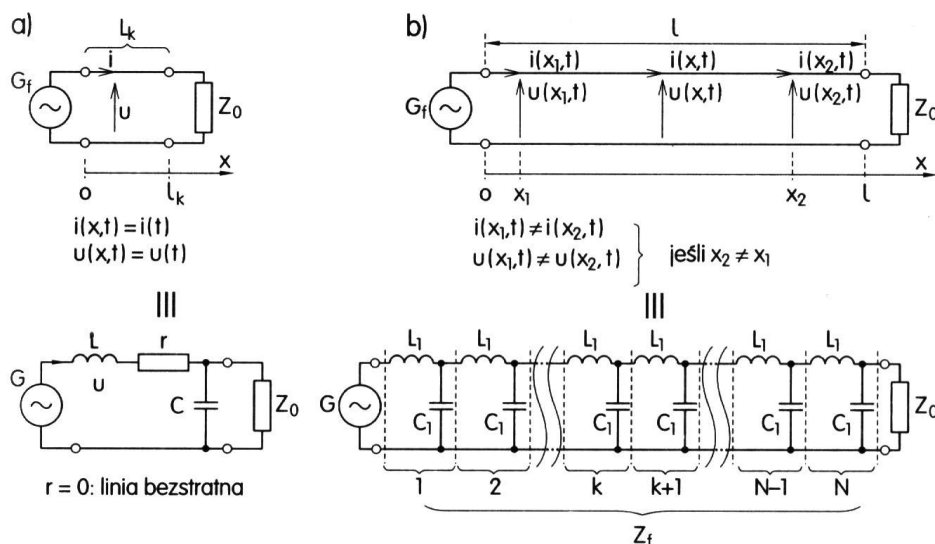
CH – charakterystyka kierunkowości.

Temat 8 : Anteny z falą bieżącą.

Fala bieżąca – jest falą, która porusza się wzdłuż kierunku rozchodzenia się zwanego promieniem fali ze stałą prędkością, zależną od rodzaju ośrodka.

Anteny z falą bieżącą działają jak linia długa dopasowana do obciążenia. W linii długiej dopasowanej do obciążenia powstają fale bieżące prądu i napięcia, biegnące od źródła do obciążenia – towarzyszy im fala elektromagnetyczna biegnąca wzdłuż przewodu.

Linia długa nazywamy linię przewodową o długości l [m] współmiernej z długością fali λ , tzn. o długości $l > 0,1 \cdot \lambda$, czyli $l > 30/f$, (gdzie f w [MHz]). Zjawiska zachodzące podczas przepływu prądu zmiennego przez linię krótką zależą tylko od czasu, przebiegają tak samo w każdym miejscu wzdłuż linii – nie zależą od współrzędnej x linii. W linii długiej natomiast zjawiska te zależą nie tylko od czasu, ale również od współrzędnej x . Mówimy, że linia krótka jest układem o parametrach skupionych, a linia długa – o parametrach rozłożonych.



Rys.8.1. Schematy zastępcze linii krótkiej (a) i linii długiej (b).

G – generator; f – częstotliwość generatora; r, L, C – parametry skupione linii krótkiej ($L_k \ll \lambda$);

L_1, C_1 – wartości jednostkowe parametrów linii długiej ($l \gg \lambda$); $1, 2, 3, \dots, N$ – czwórnik elementarny schematu zastępczego linii długiej; x – odległość od początku linii;

x_1, x_2 – punkty wybrane przypadkowo wzdłuż linii ($x_1 \neq x_2$); u, i – napięcia i prądy; t – czas.

Linia długa bezstratna – jest to taka linia, której $r = 0$. Parametrem charakterystycznym takiej linii jest **impedancja falowa** Z_f [Ω]

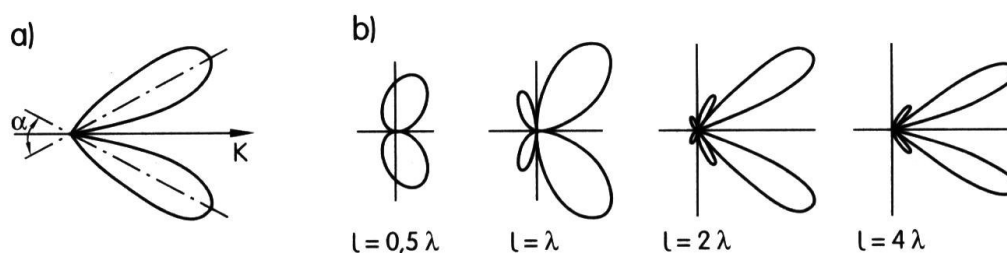
$$Z_f = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$$

gdzie: L_1 [H/m] i C_1 [F/m] – indukcyjność i pojemność jednostkowa 1 m linii. Impedancja falowa linii długiej bezstratnej ma charakter czynny

$$Z_f = R_f$$

W antenach z falą bieżącą wykorzystuje się linie długie dopasowane do obciążenia. W takim przypadku linia wraz z obciążeniem absorbuje całą energię pobraną z generatora i stanowi dla niego obciążenie czynne. Charakterystyka kierunkowości przewodu

promieniującego falę bieżącą ma postać listka pochylonego w kierunku ruchu fali bieżącej i obróconego wokół osi przewodu.



Rys.8.2. Charakterystyki promieniowania przewodu o długości l z falą bieżącą w płaszczyźnie przewodu, w przestrzeni swobodnej: a) szkic; b) charakterystyki

K – kierunek ruchu fali bieżącej; kąt α jest tym mniejszy, im większa jest długość l przewodu.

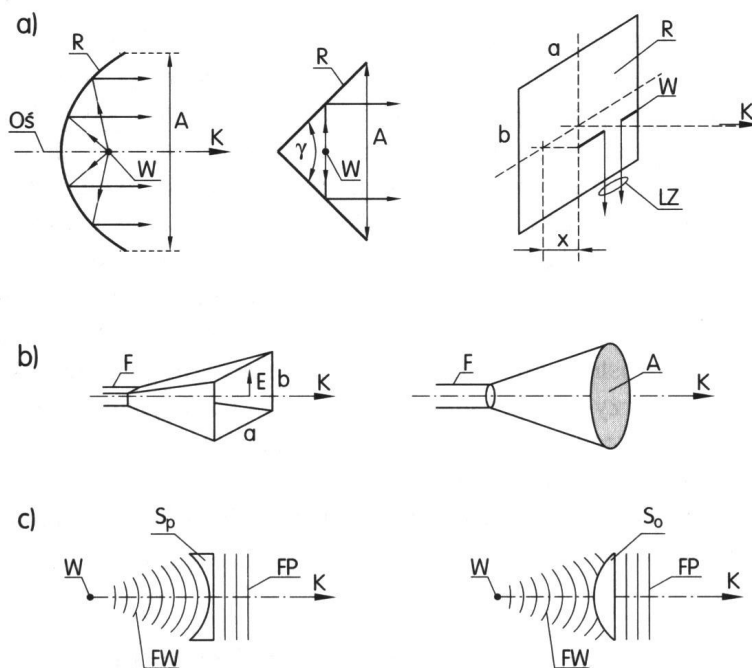
Pochylenie charakterystyki kierunkowości promieniowania jest tym większe, im dłuższy jest przewód.

Anteny z falą bieżącą:

- antena Beveraga (czyt. Beverejdza),
- antena spiralna,
- antena dielektryczna.

Temat 9 : Anteny aperturowe – reflektorowe, tubowe i soczewkowe.

Anteny reflektorowe – działają na zasadzie odbijania fali emitowanej przez wibrator W od reflektora R . Spośród reflektorów pokazanych poniżej, największą wiązkę promieniowania daje reflektor paraboliczny, a najszerszą – reflektor płaski.



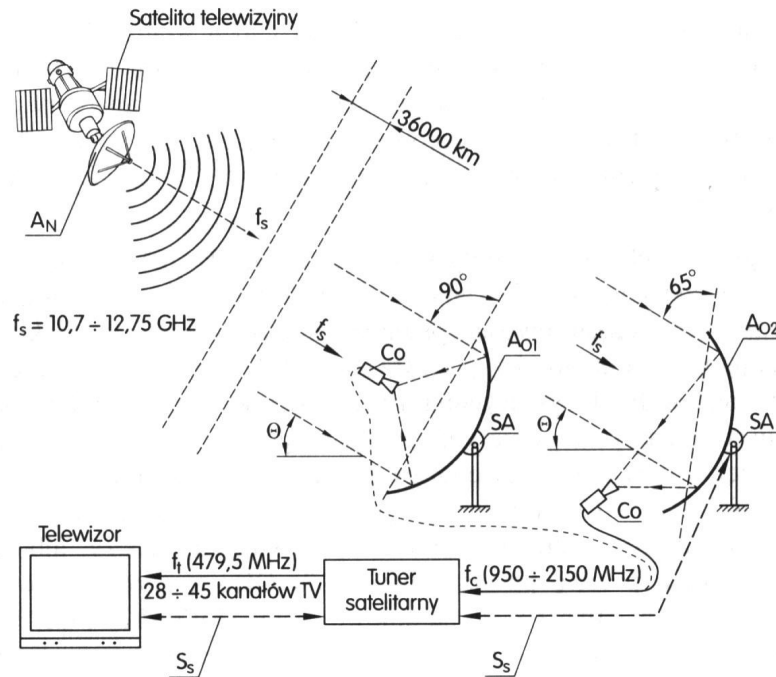
Rys.9.1. Anteny aperturowe: a) reflektorowe (paraboliczna, kątowna i płaszczyznowa;

b) tubowe (prostokątna i okrągła); c) soczewkowe (z soczewką opóźniającą i przyspieszającą)

R – reflektor, W – wibrator, A – apertura (pole powierzchni czołowej), LZ – linia zasilająca, γ – kąt rozwarcia (90°), a, b, c – wymiary, F – falowód, T – tuba, K – kierunek promieniowania, FW – fala walcowa, FP – fala płaska, S_p – soczewka przyspieszająca, S_o – soczewka opóźniająca.

Reflektory płaskie stosuje się w antenach synfazowych z wieloma wibratorami, wytwarzanych za pomocą najnowocześniejszej technologii (kilka warstw: płytki metalowe, cienkie dielektryki ew. z drukowanymi dipolami itd.); np. antena płaska kwadratowa (składana z 1024 małych płaskich dipoli. Pasma $11,7 \div 12,4$ GHz, zysk ponad 35 dB. Reflektory paraboliczne z pojedynczym wibratorem stosuje się powszechnie do odbioru fal telewizji satelitarnej ($1,53 \div 31$) GHz.

Anteny reflektorowe paraboliczne – działają na zasadzie odbijania promieni generowanych przez wibrator umieszczony w ognisku F lustra (reflektora) parabolicznego. Promienie są odbijane równolegle do osi paraboli (przy nadawaniu, bo przy odbieraniu bieg promieni fali jest odwrotny), dlatego kierunkowość anten parabolicznych jest wysoka.



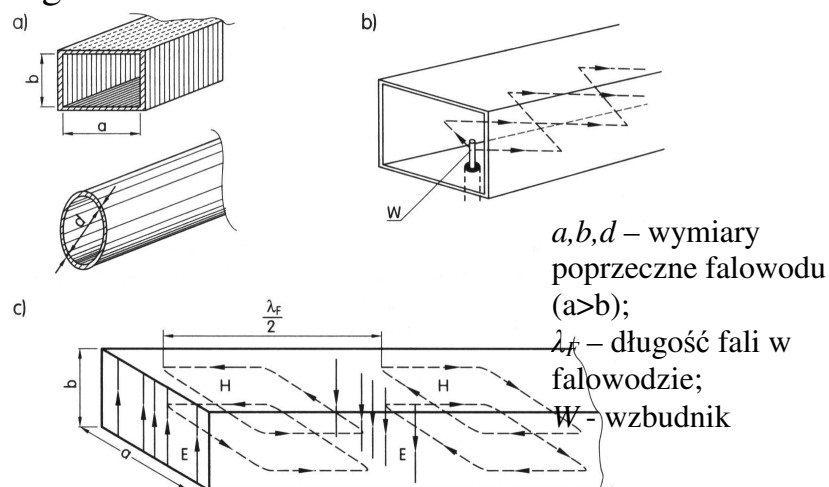
Rys.9.2. System odbiorczy telewizji satelitarnej. Schemat poglądowy.

A_N – antena nadawcza; A_{O1} , A_{O2} – anteny odbiorcze (symetryczna i offsetowa);

C_O – konwerter; f_s, f_c, f_i – zakresy częstotliwości przesyłanych pomiędzy poszczególnymi urządzeniami; θ – kąt elewacji pod jakim jest widoczny satelita telewizyjny; S_s – sygnały sterujące konwerterem i serwo mechanizmem SA anteny;

Anteny tubowe – są wibratorami magnetycznymi. Stosuje się je w zakresie fal decymetrowych i centymetrowych jako naturalne przedłużenie falowodowej linii zasilającej. Im dłuższa jest tuba i im szerszy jest jej otwór, tym węższa jest charakterystyka promieniowania anteny tubowej. Rozwarcie tuby jest jak gdyby płaskim układem synfazowych wibratorów magnetycznych, zasilanych przez falowód.

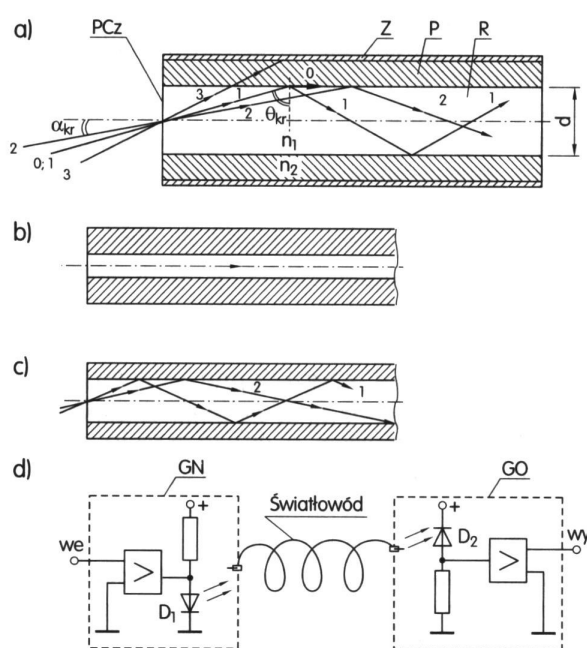
Falowód – jest to rura metalowa o przekroju prostokątnym lub kołowym, stosowana do przesyłania mikrofal o długości $\lambda < 10\text{cm}$.



Rys.9.3. Falowody: a) przykłady konstrukcji; b) wzbudzanie falowodu i rozchodzenie się fali; c) rozkłady pola elektrycznego E i magnetycznego H w falowodzie prostokątnym.

Temat 10 : Światłowody.

Transmisja światła od nadajnika do odbiornika może odbywać się w otwartej przestrzeni – przez tzw. **łącze otwarte** lub w zamkniętej przestrzeni – przez **światłowody**. Pierwszy sposób przekazywania sygnałów świetlnych funkcjonuje dobrze w przestrzeni kosmicznej (w próżni) między statkami kosmicznymi. W atmosferze ziemskiej natomiast światło ulega rozproszeniu (deszcz, śnieg, mgła), a przy dobrej pogodzie lokalne zmiany temperatury powodują zniekształcenia wiązki promieniowania świetlnego (np. laserowego), uniemożliwiając przekazywanie sygnałów na dystansie rzędu kilometrów.



Rys.10.1. Światłowody: a) zasada działania; b) światłowód jednomodowy; c) światłowód wielomodowy; d) schemat łącza światłowodowego

R, P, Z – rdzeń, płaszcz, osłona światłowodu; d – średnica rdzenia;

n_1 i n_2 – współczynniki załamania światła; α_{kr} – krytyczny kąt padania fali θ na płaszczyznę czołową rdzenia; 1, 2 – fale padające pod kątami $\alpha < \alpha_{kr}$; 3 – fala padająca pod kątem $\alpha > \alpha_{kr}$;

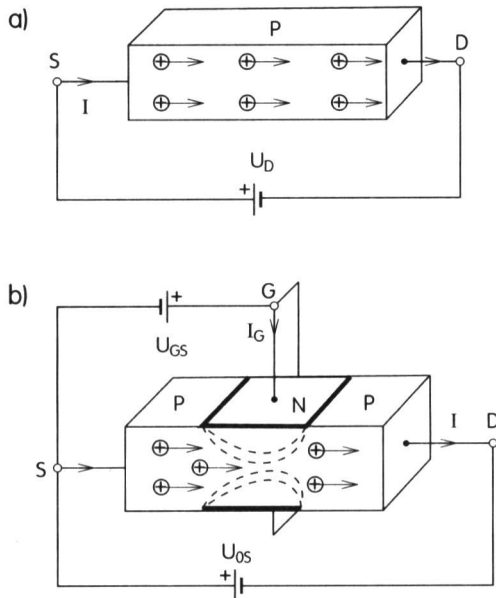
D_1, D_2 – dioda świecąca i fotodioda;

GN i GO – głowice nadajnika i odbiornika sygnałów transmitowanych przez światłowód

Światłowody są liniami przesyłowymi fal świetlnych od podczerwieni do nadfioletu, są one falowodami optycznymi. Wytwarzane są światłowody włókniste (o przekroju kolistym) i paskowe (o przekroju prostokątnym). Światłowody pozwalają na przesył ogromnej ilości informacji, są odporne na zakłócenia elektromagnetyczne, małe wymiary poprzeczne i mała masa, dobra elastyczność, bardzo małe tłumienie światła, odporność na zmiany temperatury.

Temat : Tranzystory polowe.

Tranzystory polowe (unipolarne) działają na zasadzie modulowania (zmiany) prądu, płynącego przez płytkę półprzewodnika typu N lub P, za pomocą poprzecznego pola elektrycznego.



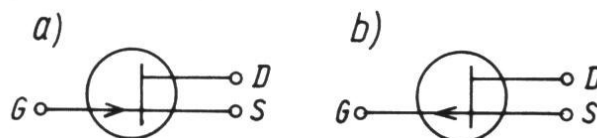
Rys.20.1. Zasada działania tranzystora polowego:

- a) przepływ prądu przez płytkę półprzewodnika typu P;
 - b) zwężenie kanału powodowane napięciem zaporowym bramki
- S – źródło, G – bramka, D - dren

Tranzystory polowe złączowe należy polaryzować tak, aby:

- nośniki poruszały się od źródła do drenu,
- złącze bramka – kanał było spolaryzowane zaporowo.

Jeżeli do elektrody S dołączymy biegun dodatni źródła napięcia U_{DS} , a do D – biegun ujemny, to dziury będą się przemieszczać w kierunku elektrody D wytwarzającej prąd I . Źródłem dziur jest zacisk S – zwany **źródłem**, a odbiorcą jest zacisk D – zwany **drenem**.



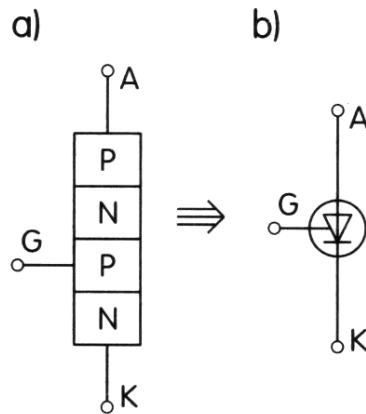
Rys.20.2. Symbole graficzne tranzystorów złączowych:

- a) z kanałem typu N; b) z kanałem typu P

Przepływ prądu przez płytkę można zmieniać przez zmianę jej konduktancji za pomocą pola elektrycznego przykładanego z zewnątrz. W tym celu na powierzchnię płytki nakłada się elektrodę sterującą G – zwaną **bramką**. Ma ona postać cienkiej warstwy półprzewodnika typu N (lub P zależnie od typu płytki). Jeżeli do bramki doprowadzimy napięcie dodatnie względem źródła S , to złącze NP. zostanie spolaryzowane zaporowo i bramka będzie odpychać dziury z dala od drenu D . Nastąpi zwężenie kanału, przez który przepływają dziury z S do D . Utrudnia to przepływ dziur, ponieważ przez wąski kanał przedostaje się ich mniej. Tak więc napięcie bramki U_{GS} zwiększa rezystancję płytki półprzewodnika przez zwężenie kanału przepływu dziur. Kanał jest tym węższy, im wyższe jest napięcie U_{GS} .

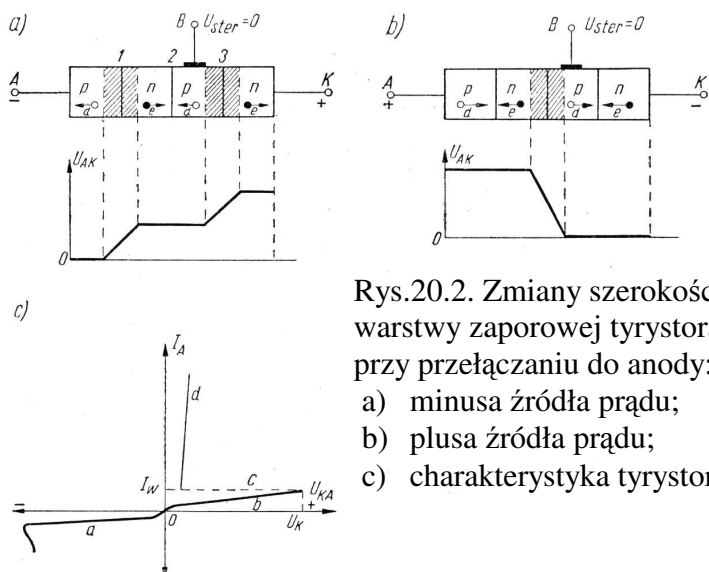
Temat : Tyristory.

Tyristor jest czterowarstwową diodą półprzewodnikową (NPNP) sterowaną. Ma on trzy elektrody: **katodę** (K), **bramkę** (G) i **anodę** (A). Elektroda sterującą jest bramka. Tyristor może przewodzić prąd jednokierunkowo, tj. od anody do katody.



Rys.20.1. Tyristor: a) budowa; b) symbol graficzny.
G – bramka; K – katoda; A – anoda.

ZASADA DZIAŁANIA TYRYSTORA.



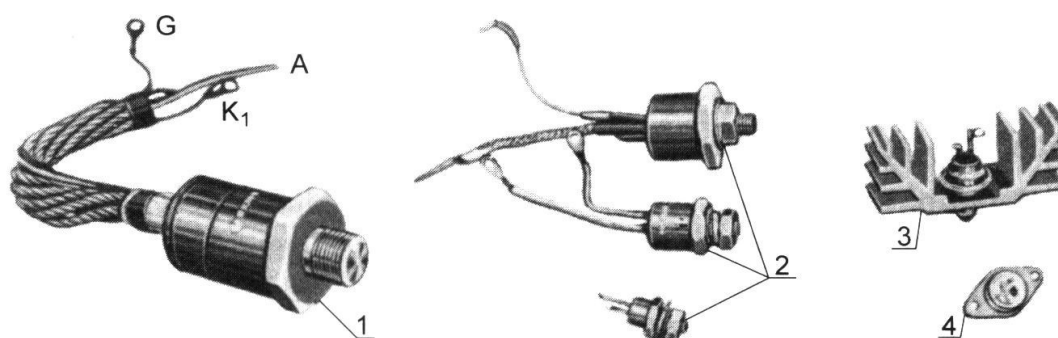
Rys.20.2. Zmiany szerokości warstwy zaporowej tyristora przy przełączaniu do anody:
a) minusa źródła prądu;
b) plusa źródła prądu;
c) charakterystyka tyristora.

Zasadę działania tyristora można omówić w trzech kolejnych stanach jego działania.

1. Do anody dołączono biegun ujemny źródła prądu, a do katody dodatni. W tym przypadku powstają dwie szerokie warstwy zaporowe. Tyristor nie przewodzi prądu elektrycznego. Na charakterystyce prądowo – napięciowej jest to zakres pracy oznaczony przez (a).
2. Do anody dołączono biegun dodatni źródła prądu, a do katody ujemny. W tyristorze następuje polaryzacja złączy 1 i 3 w kierunku przewodzenia. Złącze 2 jest spolaryzowane w kierunku zaporowym. Cały spadek napięcia pojawia się na tym złączy. Przepływ prądu przez tyristor jest również zablokowany. Na charakterystyce jest to zakres pracy (b).
3. Przy podnoszeniu napięcia na anodzie, po przekroczeniu napięcia krytycznego U_k , następuje narastanie prądu przy malejącym równocześnie napięciu (c – rezystancja ujemna), po czym tyristor przechodzi w stan przewodzenia. Spadek napięcia na tyristorze jest wtedy niewielki (ok. 1,2V), a prąd w kierunku przewodzenia bardzo duży.

Tyristory znajdują zastosowanie w następujących układach:

- sterownikach prądu stałego (zwanych inaczej prostownikami sterowanymi) – stosowanych w stabilizatorach napięcia stałego i w automatyce silników prądu stałego;
- sterownikach prądu przemiennego – stosowanych w automatyce silników indukcyjnych, w technice oświetleniowej i elektrotermii;
- łącznikach i przerywaczach (stycznikach) prądu stałego i przemiennego – stosowanych w automatyce napędu elektrycznego, układach stabilizacji napięcia, elektrotermii i technice zabezpieczeń;
- przemiennikach częstotliwości – stosowanych w automatyce silników indukcyjnych, technice ultradźwięków i w przetwornicach (np. prądu stałego na stały o wyższym napięciu lub prądu przemiennego na zmienny o innej częstotliwości – w urządzeniach zasilających);
- rzadziej w układach impulsowych; w generatorach odchyłania strumienia elektronowego w kineskopach telewizorów kolorowych, w urządzeniach zapłonowych silników spalinowych (zapłon tyrystorowy) i w modulatorach impulsów w radiolokacji (o czasie trwania $0,1 \div 100 \mu s$)



Rys.20.3. Tyrystory: 1 – dużej mocy; 2 – małej mocy; 3 – z radiatorem, 4 – tyrystor symetryczny (triak). A – anoda; K – katoda; G – bramka; K_1 – wyprowadzenie pomocnicze katody.