

TADEUSZ MASEWICZ
STANISŁAW-J. PAUL

podstawy ELEKTROTECHNIKI

CZĘŚĆ - II

DLA SAMOUKÓW

TADEUSZ MASEWICZ I STANISŁAW JULIAN PAUL

PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI

DLA SAMOUKÓW

POD REDAKCJĄ K. MAJKOWSKIEGO

CZĘŚĆ II

(W POPRZEDNIM WYDANIU CZĘŚĆ III)



WARSZAWA

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA SZKOLNICTWA ZAWODOWEGO

Redaktor: mgr inż. Konstanty Majkowski

Okładkę projektował: Tadeusz Dworzański

Książka zatwierdzona do użytku szkolnictwa zawodowego pismem Ministerstwa Oświaty z dnia 3. 3. 1961 r. nr P3-754/61 jako podręcznik dla techników zaocznych grupy elektrycznej

Książka stanowi końcową część „Podstaw elektrotechniki dla samouków” opracowanych w zakresie programu techników elektrycznych.

Podobnie jak poprzednia część, podręcznik ten dzięki swoistej metodzie wykładu nadaje się dla wszystkich, którzy zmuszeni są uczyć się podstawowych zasad elektrotechniki poza szkołą.

Redaktor techniczny: Barbara Chodyńska

Korektor: Melania Koziółowa

PWSZ 1961. Wydanie II zmienione (I nakład podstawowy). Nakład 20 000 + 200 egz. Ark. wyd. 36,75. Ark. druk. 28,75 (znorm. 38,23). Papier druk. sat. kl. VII, 70 × 100, 60 g z Fabryki Papieru w Częstochowie. Oddano do składania 22.V.1961. Podpisano do druku w październiku 1961. Druk ukończono w listopadzie 1961. — Cena zł 38.

Drukarnia Techniczna, Bytom, ul. Przemysłowa 2 — L. z. 887 —N-2

SPIS TREŚCI

T. Masewicz i St. Paul

Podstawy elektrotechniki dla samouków cz. II

WYKAZ ZAUWAŻONYCH BŁĘDÓW

Przed przystąpieniem do czytania wprowadzić następujące poprawki

Strona	Wiersz		Jest	Powinno być
	od góry	od dołu		
60	9		$= \frac{J \cdot z'}{R_{\mu}}$	$= \frac{I \cdot z'}{R_{\mu}}$
93	14		Punkt przecięcia tej obwód	Punkt przecięcia ten obwód
109	5		która ten strumień	którą ten strumień
127		3	$\Psi_{\Delta_{12}} =$	$\Delta \Psi_{12} =$
128		11	$\left[\frac{J}{m^3} \right] = 2,88 \cdot$	$\left[\frac{J}{m^3} \right] \cdot 2,88 \cdot$
141	11		sonusoidy	sinusoidy
153		9	natężenie	natężenie
190	11–12		mniejsza	mniejsze
203	14–15		szerogowo	szeregowo
249	9		$\frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}$	$\frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}$
280		11	$\hat{r} \cdot \hat{r} =$	$\hat{r} \cdot \hat{r} =$
301	4		$I_R = \frac{U_R}{Z_R + Z_0}$	$\hat{I}_R = \frac{U_R}{Z_R + Z_0}$
347	21		4,15 – j 2,4 (– j 12,1)	4,15 – j 2,4 – (– j 12,1)
361		11	Rys. 25.5	Rys. 52.5
368		16	wkazowy	wskazowy
421	1		napewno	na pewno
451	10			

SPIS TREŚCI

Przedmowa	8
Lekcja 1. Magnesy	9
1.1. Podstawowe wiadomości	9
1.2. Istota magnetyzmu. Wewnętrzna budowa magnesu	10
1.3. Pola magnetyczne. Linie sił magnetycznych	12
1.4. Wartość siły między magnesami	13
Lekcja 2. Pole magnetyczne prądu płynącego przez przewód	15
2.1. Pole magnetyczne wokół przewodu prostoliniowego wiodącego prąd	15
2.2. Wyznaczenie kierunku i zwrotu pola magnetycznego prądu płynącego przez przewód	17
2.3. Pola magnetyczne wypadkowe	19
2.4. Pole magnetyczne cewki cylindrycznej (solenoidu)	19
Lekcja 3. Działanie pola magnetycznego na przewód wiodący prąd. Indukcja magnetyczna. Strumień magnetyczny	21
3.1. Doświadczenia. Kierunek i zwrot siły	21
3.2. Wartość siły. Indukcja magnetyczna	24
3.3. Strumień magnetyczny	27
Lekcja 4. Prawo Biot-Savart-Laplace'a. Przenikalność magnetyczna. Natężenie pola magnetycznego	32
4.1. Prawo Biot-Savart-Laplace'a	32
4.2. Przenikalność magnetyczna	34
4.3. Natężenie pola magnetycznego	37
Lekcja 5. Prawo przepływu	41
5.1. Wstęp	41
5.2. Prawo przepływu	44
Lekcja 6. Zastosowanie prawa przepływu	46
6.1. Obliczanie indukcji magnetycznej na zewnątrz długiego przewodu prostoliniowego	46
6.2. Obliczanie indukcji magnetycznej wewnątrz przewodu wiodącego prąd	48
Lekcja 7. Zastosowanie prawa przepływu (cd.). Prawo Ohma dla obwodu magnetycznego	51
7.1. Pole magnetyczne cewki pierścieniowej. Obwód magnetyczny	51
7.2. Siła magnetomotoryczna i prawo Ohma dla obwodu magnetycznego	55
7.3. Pole magnetyczne cewki cylindrycznej	57
Lekcja 8. Oddziaływanie na siebie dwóch przewodów wiodących prąd	61
8.1. Wstęp. Kierunek siły elektrodynamicznej	61
8.2. Wartość siły elektrodynamicznej	63
Lekcja 9. Krzywa magnesowania. Przenikalność magnetyczna	67
9.1. Krzywa magnesowania pierwotnego	67
9.2. Przenikalność magnetyczna ferromagnetyków	72
Lekcja 10. Histereza magnetyczna. Pole magnetyczne na granicy środowisk o różnych przenikalnościach	75
10.1. Histereza magnetyczna	75
10.2. Własności magnetyczne stali	78
10.3. Strumień magnetyczny przenikający płaszczyznę graniczną między dwoma różnymi środowiskami	79
Lekcja 11. Prawa obwodu magnetycznego. Zasady obliczania obwodów magnetycznych	82
11.1. Obwód magnetyczny	82
11.2. Prawa dotyczące obwodu magnetycznego	83
11.3. Zasady obliczania obwodu magnetycznego	85

Lekcja 12. Przykłady obliczania obwodów magnetycznych	90		
12.1. Obliczanie obwodu magnetycznego (dana siła elektromotoryczna — obliczyć strumień)	90		
12.2. Obliczanie obwodu magnetycznego (dana siła magnetomotoryczna — obliczyć strumień)	92		
Lekcja 13. Indukcja elektromagnetyczna	95		
13.1. Wstęp. Kierunek siły	95		
13.2. Wartość siły elektromotorycznej indukcji	97		
Lekcja 14. Zasada działania prądnicy prądu zmiennego i stałego	100		
14.1. Zasada działania prądnicy prądu zmiennego	100		
14.2. Komutacja prądu zmiennego na prąd jednokierunkowy. Prądnica prądu stałego	103		
Lekcja 15. Reguła Lenza. Zasada działania silnika elektrycznego	106		
15.1. Reguła Lenza	106		
15.2. Przemiana energii elektrycznej w mechaniczną	109		
15.3. Zasada działania silnika elektrycznego	110		
Lekcja 16. Praca sił elektrodynamicznych. Siła elektromotoryczna	114		
16.1. Praca sił elektrodynamicznych	114		
16.2. Siła elektromotoryczna w obwodzie	117		
Lekcja 17. Indukcja własna	120		
17.1. Wstęp. Indukcyjność obwodów elektrycznych	120		
17.2. Indukcyjność własna	121		
Lekcja 18. Indukcja wzajemna	127		
18.1. Siła elektromotoryczna indukcji wzajemnej	127		
18.2. Indukcyjność wzajemna. Współczynnik sprzężenia	130		
18.3. Przebieg prądu włączanego i wyłączanego do odbiornika z indukcyjnością własną	133		
18.4. Przetwarzanie prądu stałego przerywanego na prąd zmienny wysokiego napięcia	134		
Lekcja 19. Energia pola magnetycznego. Siła udźwigu elektromagnesu	136		
19.1. Energia pola magnetycznego	136		
19.2. Siła udźwigu elektromagnesu	143		
Lekcja 20. Powtórzenie materiału lekcji 1 — 19	145		
Lekcja 21. Wiadomości ogólne o prądzie zmiennym	148		
21.1. Wstęp	148		
21.2. Zalety i wady prądu stałego i zmiennego	150		
21.3. Zalety prądu sinusoidalnego	150		
21.4. Podstawowe wiadomości o funkcjach sinusoidalnych	151		
21.5. Otrzymywanie prądu zmiennego	155		
Lekcja 22. Wielkości prądu zmiennego	159		
22.1. Uwagi wstępne	159		
22.2. Amplituda, częstotliwość, okres i długość fali prądu zmiennego	160		
22.3. Faza i przesunięcie czasowe	162		
Lekcja 23. Wykresy wskazowe wielkości sinusoidalnych	165		
Lekcja 24. Wartości średnie i skuteczne wielkości elektrycznych prądu zmiennego	171		
24.1. Wartość średnia natężenia prądu, napięcia lub siły elektromotorycznej	171		
24.2. Moc chwilowa prądu zmiennego	172		
24.3. Skuteczne wartości prądu zmiennego	173		
Lekcja 25. Odbiornik o oporności czynnej jako odbiornik prądu zmiennego	178		
25.1. Wiadomości wstępne	178		
25.2. Odbiornik o oporności czynnej	179		
25.3. Moc prądu zmiennego przepływającego przez odbiornik tylko o oporności czynnej	181		
Lekcja 26. Kondensator jako odbiornik prądu zmiennego	186		
26.1. Opis zjawiska	186		
26.2. Wartość natężenia prądu zmiennego przepływającego przez kondensator i wykresy sinusoid i wskazów tego prądu	187		
26.3. Prawo Ohma dla odcinka obwodu z opornością pojemnościową	190		
26.4. Moc prądu zmiennego przepływającego przez odbiornik mający tylko pojemność	191		
Lekcja 27. Indukcyjność w obwodzie prądu zmiennego	194		
27.1. Opis zjawiska	194		
27.2. Wartość natężenia prądu zmiennego przepływającego przez indukcyjność i wykresy sinusoid i wskazów tego prądu	195		
27.3. Prawo Ohma dla odcinka obwodu z indukcyjnością	198		
27.4. Moc prądu zmiennego przepływającego przez odbiornik tylko o indukcyjności	199		
Lekcja 28. Odcinek obwodu o oporności czynnej i pojemnościowej połączonych szeregowo	203		
28.1. Wykres wskazowy odcinka obwodu o opornościach czynnej i pojemnościowej połączonych szeregowo	203		
28.2. Oporność pozorną odcinka obwodu o opornościach czynnej i biernej pojemnościowej. Trójkąty napięć i oporności	206		
Lekcja 29. Odcinek obwodu o oporności czynnej i indukcyjnej połączonych szeregowo. Naskórkowość	210		
29.1. Wykres wskazowy odcinka obwodu o opornościach czynnej i indukcyjnej połączonych szeregowo	210		
29.2. Oporność pozorną odcinka obwodu o opornościach czynnej i biernej indukcyjnej. Trójkąty napięć i oporności	212		
29.3. Zjawisko naskórkowości	214		
Lekcja 30. Przewodność pozorną, czynną i bierną odcinka obwodu o szeregowym połączeniu oporności czynnej z bierną	216		
Lekcja 31. Przewodność równoległe połączonych oporności czynnej i pojemnościowej	221		
Lekcja 32. Przewodność równoległe połączonych oporności czynnej i indukcyjnej oraz indukcyjnej i pojemnościowej	225		
32.1. Przewodność równoległe połączonych oporności czynnej i indukcyjnej	225		
32.2. Przewodność równoległe połączonych pojemności i indukcyjności	229		
Lekcja 33. Moc prądu przepływającego przez odbiornik prądu zmiennego	232		
33.1. Moc czynną prądu przepływającego przez odbiorniki o opornościach czynnych i biernych	232		
33.2. Moc bierną prądu przepływającego przez odbiorniki o opornościach czynnych i biernych	236		
Lekcja 34. Moc prądu przepływającego przez odbiornik prądu zmiennego (cd.)	238		
34.1. Moc pozorną prądu	238		
34.2. Wpływ współczynnika mocy ($\cos \varphi$) na pracę źródła prądu	240		
Lekcja 35. Szeregowo połączenie oporności czynnej, indukcyjnej i pojemnościowej. Rezonans napięć	245		
35.1. Wykres wskazowy układu oporności czynnej, indukcyjnej i pojemnościowej połączonych w szereg. Prawo Ohma dla odbiornika prądu zmiennego	245		
35.2. Rezonans napięć	249		
Lekcja 36. Szeregowo połączenie oporności czynnej indukcyjnej i pojemnościowej (cd.)	254		
36.1. Moc prądu pobieranego przez odcinek obwodu prądu zmiennego złożonego z szeregowo połączonej indukcyjności, pojemności i oporności czynnej	254		
36.2. Kilka szeregowo połączonych odbiorników o opornościach czynnych i biernych	255		
Lekcja 37. Równoległe połączenia oporności czynnej, indukcyjnej i pojemnościowej. Rezonans prądów	259		
37.1. Wykres wskazowy układu równoległe połączonych oporności czynnej, indukcyjnej i pojemnościowej	259		
37.2. Rezonans prądów	262		
Lekcja 38. Równoległe połączenie oporników o opornościach pozornych	266		
38.1. Obliczanie prądu doprowadzonego do obwodu mieszanego i jego przesunięcia fazowe	266		
38.2. Moc układu odbiorników złożonych z kilku równoległe połączonych oporności pozornych	270		
Lekcja 39. Powtórzenie materiału z lekcji 21 do 38	272		
Lekcja 40. Metoda symboliczna	283		
40.1. Wiadomości wstępne	283		
40.2. Pojęcia podstawowe	284		
40.3. Postać algebraiczna liczb zespolonych	286		
Lekcja 41. Metoda symboliczna (cd.)	290		
41.1. Postać trygonometryczna liczb zespolonych	290		
41.2. Postać wykładnicza liczb zespolonych	291		
41.3. Wyrażanie wielkości sinusoidalnie zmiennych trzema postaciami liczb zespolonych	292		
Lekcja 42. Metoda symboliczna (cd.)	295		
42.1. Dodawanie liczb zespolonych	295		

42.2.	Odejmovanie liczb zespolonych	297
42.3.	Mnożenie liczb zespolonych	298
42.4.	Dzielenie liczb zespolonych	300
42.5.	Liczby zespolone sprzężone	300
Lekcja 43.	Zastosowanie metody symbolicznej	303
43.1.	Przedstawianie prądów, napięć, oporności i przewodności za pomocą liczb zespolonych	303
43.2.	Kilka przykładów zastosowania metody symbolicznej	307
Lekcja 44.	Prawa Kirchhoffa i moc prądu zmiennego w ujęciu symbolicznym	311
44.1.	Pierwsze prawo Kirchhoffa w ujęciu symbolicznym	311
44.2.	Drugie prawo Kirchhoffa	314
44.3.	Moc prądu zmiennego	316
Lekcja 45.	Zastosowanie metody symbolicznej do obliczania odcinków obwodów elektrycznych	319
45.1.	Oporność równoważna przy połączeniu szeregowym oporności pozornych	319
45.2.	Oporność równoważna przy połączeniu równoległym oporności pozornych	322
Lekcja 46.	Powtórzenie metody symbolicznej	324
Lekcja 47.	Wiadomości podstawowe o prądzie trójfazowym. Różne połączenia uzwojeń prądnicy trójfazowej	325
47.1.	Wiadomości wstępne	325
47.2.	Wytwarzanie prądu zmiennego trójfazowego	328
47.3.	Połączenie uzwojeń prądnicy trójfazowej w gwiazdę	331
47.4.	Połączenie uzwojeń prądnicy trójfazowej w trójkąt	335
Lekcja 48.	Połączenie w gwiazdę odbiorników trójfazowych symetrycznych	338
Lekcja 49.	Połączenie w gwiazdę odbiorników trójfazowych niesymetrycznych	343
Lekcja 50.	Połączenie w gwiazdę odbiorników trójfazowych niesymetrycznych (cd.)	350
50.1.	Przykład obciążenia niesymetrycznego	350
50.2.	Przykłady obliczeń uszkodzonych układów trójfazowych obciążonych odbiornikami połączonymi w gwiazdę	352
Lekcja 51.	Połączenie w trójkąt odbiorników trójfazowych	356
51.1.	Odbiorniki trójfazowe połączone w trójkąt obciążone symetrycznie	356
51.2.	Niesymetryczne obciążenie sieci odbiornikami połączonymi w trójkąt	359
Lekcja 52.	Połączenie w trójkąt odbiorników trójfazowych (cd.)	364
52.1.	Przykłady uszkodzeń odbioru prądu trójfazowego	364
52.2.	Przekształcenie trójkąta w równoważną gwiazdę	366
Lekcja 53.	Moc prądu trójfazowego	370
53.1.	Obliczanie mocy czynnej, biernej i pozornej prądu trójfazowego	370
53.2.	Pomiar mocy czynnej odbiornika przy symetrycznym obciążeniu wszystkich faz	372
53.3.	Pomiar mocy czynnej odbiorników przy niesymetrycznym obciążeniu wszystkich faz	372
Lekcja 54.	Moc prądu trójfazowego (cd.)	377
54.1.	Moce odbiorników trójfazowych przełączanych z gwiazdy w trójkąt	377
54.2.	Moce prądnic przy przełączaniu ich uzwojeń w gwiazdę lub trójkąt	381
Lekcja 55.	Prądy odkształcone (niesinusoidalne)	383
55.1.	Wiadomości wstępne	383
55.2.	Przykłady rozkładu krzywych odkształconych na harmoniczne	385
Lekcja 56.	Prądy odkształcone (cd.)	387
56.1.	Obwody prądu odkształconego	387
56.2.	Moc prądu odkształconego	391
Lekcja 57.	Wyższe harmoniczne w układach trójfazowych	394
57.1.	Wiadomości ogólne	394
57.2.	Zależność odkształconego napięcia międzyprzewodowego od napięcia fazowego (przy połączeniu uzwojeń w gwiazdę)	395
57.3.	Symetryczne obciążenie trójfazowej sieci czteroprzewodowej o odkształconym napięciu fazowym	397
57.4.	Symetryczne obciążenie trójfazowej sieci czteroprzewodowej o odkształconym napięciu fazowym i uszkodzonym przewodzie zerowym	398
57.5.	Zależność odkształconego prądu przewodowego od prądu fazowego (przy połączeniu uzwojeń prądnicy w trójkąt)	398
Lekcja 58.	Wiadomości podstawowe dotyczące odbiorników prądu zmiennego o rdzeniach stalowych	401
58.1.	Uwagi wstępne	401

50.2.	Przebieg prądu w odbiorniku o rdzeniu stalowym ulegającym nasyceniu magnetycznemu, ale pozbawionym szczątkowego magnetyzmu	402
58.3.	Przebieg prądu w odbiorniku o rdzeniu stalowym, w którym przemagnesowywanie przebiega wg cyklu histerezy	404
Lekcja 59.	Wiadomości podstawowe dotyczące odbiorników prądu zmiennego o rdzeniach stalowych (cd.)	406
59.1.	Straty z histerezy	406
59.2.	Straty w rdzeniu stalowym z prądów wirowych i z histerezy	408
59.3.	Wykres wskazowy prądu pobieranego przez cewkę o rdzeniu stalowym uwzględniający straty na ciepło w uzwojeniu oraz straty w rdzeniu stalowym z histerezy i prądów wirowych	410
59.4.	Rozproszenie magnetyczne. Wykres wskazowy prądu pobieranego przez cewkę o rdzeniu stalowym uwzględniający straty na oporność czynną uzwojenia oraz straty w rdzeniu stalowym z histerezy, prądów wirowych oraz rozproszenia	411
59.5.	Schemat równoważny obwodu ze stałą	412
Lekcja 60.	Transformatory	413
60.1.	Przeznaczenie transformatora	413
60.2.	Zasada działania transformatora jednofazowego o rdzeniu stalowym	414
60.3.	Stan jałowy transformatora	416
Lekcja 61.	Transformatory (cd.)	419
61.1.	Stan obciążenia transformatora	419
61.2.	Sprawność transformatora	422
61.3.	Autotransformator	423
Lekcja 62.	Stany nieustalone	425
62.1.	Wiadomości wstępne	425
62.2.	Przyłączenie do źródła prądu stałego odbiornika o oporności czynnej i indukcyjnej	426
62.3.	Powstawanie i zanikanie prądu zmiennego w odbiorniku o indukcyjności L i oporności czynnej R	429
Lekcja 63.	Stany nieustalone (cd.)	432
63.1.	Przyłączenie do źródła prądu stałego odbiornika o oporności czynnej i pojemnościowej	432
63.2.	Przyłączenie do źródła prądu zmiennego odbiornika o oporności czynnej i pojemnościowej	433
Lekcja 64.	Pole elektromagnetyczne	437
64.1.	Wiadomości ogólne	437
64.2.	Rozchodzenie się fal elektromagnetycznych wzdłuż przewodów linii	439
64.3.	Rozchodzenie się fal elektromagnetycznych w przestrzeni	444
Lekcja 65.	Zagadnienia wybrane z techniki wysokich napięć	446
65.1.	Wstęp. Wytrzymałość dielektryczna	446
65.2.	Stratność dielektryczna	449
65.3.	Elektryczność atmosferyczna	451
65.4.	Ochrona od wyładowań atmosferycznych	453
Skorowidz		456

PRZEDMOWA

Książka ta (część II) obejmuje zagadnienia opisane w części III wydania pierwszego. Zgodnie z zaleceniami konferencji delegatów ośrodków metodycznych — nauczycieli techników zaocznych — odbytej 6 czerwca 1960 r. w Krakowie w wydaniu niniejszym treść została poprawiona i uzupełniona większą liczbą zadań do rozwiązania, wreszcie dodano dwie lekcje z dziedziny pola elektromagnetycznego i techniki wysokich napięć.

Wskazówki do korzystania z podręcznika są zawarte we wstępie części I. Ze względu na to, że podręcznik ma służyć uczniom techników różnych specjalności (energetycznych, teletechnicznych, radiotechnicznych), zastosowano w tym wydaniu druk petitowy nie tylko do przykładów liczbowych, zadań do rozwiązania, podsumowań omówionego w lekcji materiału i pytań, ale i do tych części lekcji, które czytelnik danej specjalności może pominąć lub opracować tylko encyklopedycznie.

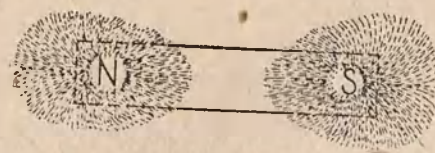
LEKCJA 1

MAGNESY

1.1. Podstawowe wiadomości

Magnetyzm jest znany od dawna. Już w starożytnej Grecji i Chinach znano własność pewnej odmiany rudy żelaza, zwanej dziś **magnetytem**, polegającą na przyciąganiu przedmiotów wykonanych z żelaza. Prócz żelaznych, ruda magnetytu przyciąga także przedmioty wykonane z niklu, kobaltu i niektórych ich stopów. Pokłady rudy magnetytu znajdują się w Kowarach na Dolnym Śląsku, pod Krzeszowicami w Krakowskim, w Szwecji, w Związku Radzieckim i Stanach Zjednoczonych. Zasadniczym składnikiem magnetytu jest tlenek żelazawo-żelazowy (FeOFe_2O_3).

Zdolność przyciągania przedmiotów stalowych nazwano własnością magnetyczną, a bryłkę rudy magnetycznej — **magnesem naturalnym**. Jeżeli w pobliżu takiego magnesu naturalnego umieścimy stal o małej zawartości węgla (miękką), stwierdzimy, że stanie się ona także magnesem, traci jednak prawie całkowicie własności magnetyczne po odsunięciu od magnesu. Stal o większej zawartości węgla (twarda), jeśli znajdzie się w pobliżu magnesu, nabywa własności magnetycznych, zachowując je jednakże w pewnym stopniu po odsunięciu od magnesu. Nabywanie własności magnetycznych nazywamy **magnesowaniem**; o ciałach magnesowanych (np. stali), znajdujących się w pobliżu magnesu, mówimy, że **magnesują się przez indukcję**. Magnesy ze stali specjalnej lub innych materiałów nazywamy **magnesami sztucznymi**, przy czym zarówno magnesy naturalne, jak i sztuczne, lecz zachowujące swe własności w sposób trwały, noszą nazwę **magnesów trwałych**.



Rys. 1.1. Magnes sztabkowy z przylegającymi opiłkami

Magnesom trwałym nadaje się różne kształty, np. prostopadłościanów wydłużonych (magnesy sztabkowe), pierścieni, półpierścieni (magnesy

wodowe sieci 3×380 V. Obliczyć moc czynną pobieraną ze źródła przy połączeniu odbiorników w gwiazdę i w trójkąt.

Rozwiązanie

a) Przy połączeniu w gwiazdę napięcie na każdym odbiorniku

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$$

Natężenie prądu przepływającego przez każdy odbiornik i każdy przewód sieci

$$I_f = \frac{U_f}{R} = \frac{220 \text{ [V]}}{100 \text{ [\Omega]}} = 2,2 \text{ A}$$

Moc dostarczona do odbiorników przez źródło prądu

$$P_{r\Delta} = \sqrt{3} UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 2,2 \cdot 1 \approx 1450 \text{ W}$$

(b) Przy połączeniu odbiorników w trójkąt każdy odbiornik znajduje się pod napięciem międzyprzewodowym, gdyż $U = U_f = 380$ V.

Natężenie prądu przepływającego przez każdy odbiornik

$$I_f = \frac{U_f}{R} = \frac{380}{100} = 3,8 \text{ A}$$

Natężenie prądu w przewodzie sieci

$$I = \sqrt{3} \cdot I_f = \sqrt{3} \cdot 3,8 \approx 6,58 \text{ A}$$

Moc czynna dostarczona do odbiorników przy połączeniu w trójkąt

$$P_{r\Delta} = \sqrt{3} UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot \sqrt{3} \cdot 3,8 \approx 4350 \text{ W}$$

A więc w wypadku połączenia w trójkąt moc pobierana przez odbiorniki jest 3 razy większa od mocy pobieranej w wypadku połączenia odbiorników w gwiazdę.

Przykład 2. Moc czynna prądu trójfazowego pobieranego przez odbiornik wynosi 4 kW. Moc bierna 3 kVAr. Obliczyć współczynnik mocy $\cos \varphi$.

Rozwiązanie

Moc pozorna dostarczona przez źródło prądu do odbiornika wynosi

$$P_z = \sqrt{P_r^2 + P_x^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ kVA}$$

Współczynnik mocy obliczamy ze wzoru (53-5)

$$\cos \varphi = \frac{P_r}{P_z} = \frac{4}{5} = 0,8$$

Przykład 3. Do sieci prądu trójfazowego o napięciu międzyprzewodowym $U = 220$ V przyłączono odbiornik symetryczny o oporności pozornej każdej fazy $Z = 10 \Omega$, współczynnika mocy $\cos \varphi = 0,8$. W jednej fazie odbiornika nastąpiła przerwa. Obliczyć prąd przewodowy i moc pobraną przez odbiornik przed powstaniem przerwy w jednej fazie odbiornika i po przerwie, jeżeli odbiornik jest połączony: a) w gwiazdę (rys. 54.1 a), b) w trójkąt (rys. 54.1 c).

Rozwiązanie

a) Przy połączeniu odbiorników w gwiazdę napięcie fazowe wynosi

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ V}$$

a prąd fazowy, równy w tym wypadku prądowi przewodowemu

$$I = I_f = \frac{U_f}{Z} = \frac{127}{10} = 12,7 \text{ A}$$

Moc czynna pobrana przez odbiornik trójfazowy

$$P_{r\Delta} = \sqrt{3} UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 12,7 \cdot 0,8 = 3880 \text{ W}$$

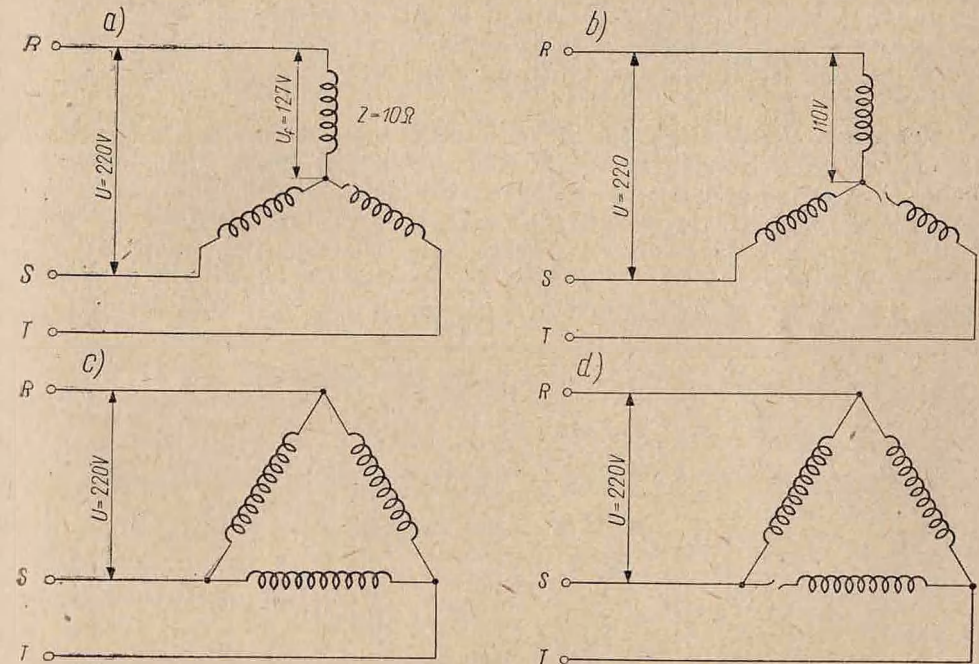
Dla odbiorników połączonych w gwiazdę przerwa w jednej fazie (rys. 54.1 b) sprowadza się do obwodu prądu jednofazowego zasilanego napięciem 220 V. Oporność połączonych w szereg dwóch odbiorników wynosi $2 \cdot Z = 20 \Omega$. Prąd płynący przez te odbiorniki wyniesie

$$I = \frac{U}{2 \cdot Z} = \frac{220}{2 \cdot 10} = 11 \text{ A}$$

a pobrana moc czynna

$$P_r = UI \cos \varphi = 220 \cdot 11 \cdot 0,8 = 1940 \text{ W}$$

czyli wynosi połowę mocy pobranej przez pełną gwiazdę.



Rys. 54.1. Do przykładu 3

b) Przy połączeniu odbiorników w trójkąt (rys. 54.1 c) napięcie fazowe równa się napięciu międzyprzewodowemu, a prąd fazowy obliczamy z prawa Ohma

$$I_f = \frac{U}{Z} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}$$

Moc czynna pobrana przez odbiorniki połączone w trójkąt

$$P_{r\Delta} = \sqrt{3} UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sqrt{3} \cdot 22 \cdot 0,8 \approx 11\,600 \text{ W}$$

CENA ZŁ 38,—

