ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989

Seria: ELEKTRYKA z. 107 Nr kol. 946

Leszek S. CZARNECKI

MOC BIERNA I MOC DEFORMACJI WEDŁUG DEFINICJI BUDEANU I PRZYCZYNY BEZUŻYTECZNOŚCI TYCH WIELKOŚCI W ELEKTROTECHNICE

Streszczenie. Sformułowana przez Budeanu teoria mocy obwodów z przebiegami odkształconymi rozprzestrzeniała się w elektrotechnice, pomimo zastrzeżeń i prób znalezienia innych teorii, od niemal 60 lat. Zastrzeżenia dotyczyły głównie tego, że moc bierna nie jest w tej teorii zdefiniowana poprzez wartości chwilowe prądu i napięcia, lecz pośrednio za pomocą szeregów trygonometrycznych tych wielkości. Problem pomiaru tak zdefiniowanej mocy biernej został rozwiązany dopiero po niemal 50 latach, natomiast problem poprawy współczynnika mocy źródła w oparciu o teorię mocy Budeanu nie doczekał się rozwiązania. Główne wady teorii Budeanu nie zostały jednak ujawnione. Mianowicie, moc bierna i moc deformacji według tej teorii nie mają żadnych cech wiążących te moce ze zjawiskami fizycznymi odpowiedzialnymi za bezużyteczny wzrost wartości skutecznej prądu źródła. Dlatego nie dostarczają one żadnych informacji niezbędnych do projektowania kompensatorów. Moc deformacji nie dostarcza też żadnych informacji o deformacji przebiegów. Niedostrzeżenie tych wad dostatecznie wcześnie sprowadziło na manowce badania nad właściwościami energetycznymi obwodów z przebiegami odkształconymi.

1. Wstęp

C.I. Budeanu uogólnił [1] w roku 1927 równanie mocy obwodu z przebiegami sinusoidalnymi tak, aby stosowało się ono do obwodów z przebiegami odkształconymi. Zdefiniował w tym celu moc bierną

$$Q_B \triangleq \sum_{n=1}^{\infty} U_n I_n \sin\varphi_n \tag{1}$$

oraz wprowadził nową wielkość, zwaną mocą deformacji

$$D_B \triangleq \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2}. \tag{2}$$

Moc bierną Q_B i moc deformacji D_B interpretuje się zwykle, co sugerują już ich nazwy, jako miary oddziaływania, osobno zwrotnego przepływu energii oraz deformacji przebiegów na moc pozorną źródła.

Pomimo zastrzeżeń S. Fryzego [2], dotyczących głównie definiowania mocy biernej poprzez harmoniczne prądu i napięcia, definicje Budeanu rozprzestrzeniły się w elektrotechnice. Również Shepherd i Zakikhani kwestionowali w 1972 r. fizyczną interpretację mocy biarnej Budeanu, proponując [3] przyjęcie odmiennej definicji tej mocy.

Pomimo tych zastrzeżeń jeszcze w 1977 roku A.E. Emanuel stwierdził [6], że "model Budeanu jest powszechnie akceptowany". Model ten został wsparty pracami Z. Nowomiejskiego [7], który wyraził moc bierną za pomocą przekształcania Hilberta w dziedzinie czasowej, a także pracami H. Fishera [8], który nadał jej bardziej wyrafinowaną matematycznie postać.

Zdefiniowane przez Budeanu moce okazały się jednak niezmiernie trudne do mierzenia. Pomimo poważnych wysiłków [9-16], [18] upłynęło niemal 50 lat zanim zbudowano pierwsze mierniki tych mocy. Fiaskiem zakończyły się natomiast usiłowania rozwiązania, na podstawie teorii Budeanu, problemu poprawy współczynnika mocy źródeł o napięciu odkształconym. Być może, że właśnie niedostępność pomiarowa mocy biernej i mocy deformacji Budeanu odwróciła uwagę od zagadnień, które wydają się być podstawowe dla teorii mocy, mianowicie, jaki jest związek tych mocy ze zjawiskami fizycznymi determinującymi właściwości energetyczne obwodu, a także, czy wielkości te dostarczają informacji, które umożliwiają projektowanie kompensatorów poprawiających współczynnik mocy źródeł. Tymczasem okazuje się, jak to zostanie w niniejszym artykule pokazane, że ani moc bierna ani moc deformacji Budeanu nie pozostają w jednoznacznej relacji do zjawisk fizycznyh determinujących właściwości energetyczne obydwu i w tym tkwi przyczyna ich bezużyteczności w zagadnieniach dotyczących poprawy współczynnika mocy. Co więcej, okazuje się, że moc deformacji nie ma związku z deformacją przebiegów.

Niestety, te podstawowe wady teorii Buduanu nie zostały dotąd w sposób wyraźny ujawnione.

Badania autora tego artykułu nad pomiarem mocy biernej Budeanu z użyciem obwodów ortonormalnych [15, 16], szerokopasmowych przesuwników fazy [12], czy poprzez modulację jednowstęgową [19] doprowadziły do konstrukcji pierwszych mierników mocy biernej i mocy deformacji [14]. W ten sposób autor, będąc przekonany o poprawności teorii Budeanu, przyczynił się do utrzymywania jej przy życiu. Dlatego czuje się on szczególnie zobowiązany do pokazania, że jest to błędna i bezużyteczna teoria mocy.

2. Moc bierna i moc deformacji Budeanu a energetyczne właściwości obwodu

Załóżmy, że okresowe napięcie źródła u o pulsacji ω_1 zawiera wyłącznie pojedynczą harmoniczną u_n o pulsacji $n\omega_1$ i wartości skutecznej U_n, tj.:

$$u = u_n \triangleq \sqrt{2}\, U_n \cos(n\omega_1 t + \alpha_n). \tag{3}$$

Jeśli na zaciski źródła włączony jest odbiornik liniowy o admitancji dla pulsacji $n\omega_1$ równej $\underline{Y}_n = Y_n \exp\{-j\varphi_n\}$, to prąd źródła jest równy

$$i = i_n = \sqrt{2}\, I_n \cos(n\omega_1 t + \alpha_n - \varphi_n), \qquad I_n \triangleq Y_n U_n. \tag{4}$$

Moc chwilowa źródła, tj. prędkość przepływu energii ze źródła do odbiornika może być rozłożona na dwa składniki:

$$p_n \triangleq \frac{dW}{dt} = u_n i_n = P_n\left[1 + \cos 2(n\omega_1 t + \alpha_n)\right] + Q_n \sin 2(n\omega_1 t + \alpha_n), \tag{5}$$

gdzie:

$$P_n \triangleq U_n I_n \cos\varphi_n, \tag{6}$$

$$Q_n \triangleq U_n I_n \sin\varphi_n. \tag{7}$$

Rozkład ten uwypukla fizyczny sens mocy biernej Q w obwodach z przebiegami sinusoidalnymi. Jest to "uogólniona" w tym znaczeniu, że może być ujemna amplituda składowej przemiennej mocy chwilowej $Q_n \sin 2(n\omega_1 t + \alpha_n)$. Istnieje ona, gdy wskutek akumulacji energii w polach elektrycznych i magnetycznych odbiornika występuje zwrotny przepływ energii między źródłem i odbiornikiem.

Definiując moc bierną w obwodzie z odkształconym napięciem i prądem

$$u \triangleq \sum_{n=1}^{\infty} u_n, \qquad i \triangleq \sum_{n=1}^{\infty} i_n \tag{8}$$

jako

$$Q_B \triangleq \sum_{n=1}^{\infty} U_n I_n \sin\varphi_n = \sum_{n=1}^{\infty} Q_n \tag{9}$$

Budeanu dodał po prostu uogólnione amplitudy Q_n składowych przemiennych poszczególnych harmonicznych. Lecz każda z tych składowych ma inną częstotliwość i może się różnić kątem fazowym α_n. Dlatego suma ta nie określa składowej przemiennej mocy chwilowej $p = u.i.$ Chociaż kazdy wyraz Q_n sumy ma jednoznaczny sens fizyczny, ich suma Q_B traci ten sens całkowicie. W szczególności suma ta może być równa zeru przy niezerowych wartościach Q_n, tj. pomimo istnienia zwrotnego przepływu energii między źródłem a odbiornikiem. Moc bierna Budeanu nie może więc być interpretowana jako ilościowa miara wpływu zwrotnego przepływu energii w obwodzie na moc pozorną źródła. Zwrotny przepływ energii, ujawniający się w niezerowych wartościach Q_n, w inny też sposób oddziałuje na wartość skuteczną prądu $\|i\|$ źródła niż to sugeruje model Budeanu. Mianowicie, każda harmoniczna i_n prądu i może być rozłożona na ortogonalne składowe

$$i_{dn} \triangleq \sqrt{2}\, I_n \cos\varphi_n \cos(n\omega_1 t + \alpha_n), \tag{10}$$

$$i_{rn} \triangleq \sqrt{2}\, I_n \sin\varphi_n \sin(n\omega_1 t + \alpha_n), \tag{11}$$

których wartości skuteczne $\|i_{dn}\|$, $\|i_{rn}\|$ spełniają relację:

$$\|i_n\|^2 = \|i_{dn}\|^2 + \|i_{rn}\|^2 = \left(\frac{P_n}{U_n}\right)^2 + \left(\frac{Q_n}{U_n}\right)^2. \tag{12}$$

Ponieważ harmoniczne i_n są wzajemnie ortogonalne, zatem

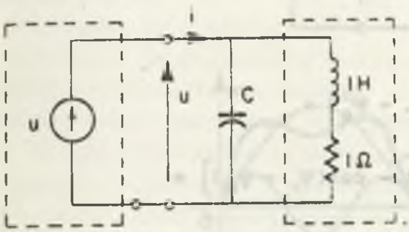
$$\|i\|^2 = \sum_{n=1}^{\infty} \|i_n\|^2 = \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{P_n}{U_n}\right)^2 + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{Q_n}{U_n}\right)^2. \tag{13}$$

Wynika stąd, że w obecności zwrotnego przepływu energii wartość $\sum(Q_n/U_n)^2$, nie zaś $\sum Q_n = Q_B$ jest miarą bezużytecznego wzrostu wartości skutecznej prądu źródła z powodu niezerowych wartości Q_n. Dla określonych wartości P_n i U_n skuteczna wartość prądu ma minimum wtedy, gdy dla każdego n, $Q_n = 0$, nie zaś wtedy, gdy ich suma $Q_B = 0$. Zerowanie się mocy biernej Budeanu jest tylko warunkiem koniecznym, lecz nie wystarczającym na to, aby wartość skuteczna prądu była minimalna. Ponieważ zwrotny przepływ energii w obwodzie może mieć miejsce, pomimo że $Q_B = 0$, zatem z równania mocy Budeanu

$$S^2 = P^2 + Q_B^2 + D_B^2 \tag{14}$$

wynika, że nie tylko moc bierna Q_B, lecz także moc deformacji D_B zależy od zwrotnego przepływu energii. Oznacza to, niestety, że to podstawowe zjawisko fizyczne determinujące właściwości energetyczne obwodu nie jest przyporządkowane w sposób wyłączny jednej z tych mocy. To jest właśnie przyczyną bezużyteczności mocy Q_B i D_B w zagadnieniach dotyczących poprawy współczynnika mocy źródeł z pomocą kompensatorów reaktancyjnych. Kompensator taki redukując, poprzez zmianę wartości Q_n, moc bierną Q_B oddziałuje na moc deformacji D_B.

Przykład 1. Napięcie źródła w obwodzie przedstawionym na rys. 1 ma pulsację $\omega_1 = 1$ rad/s i trzy harmoniczne o numerach n = 1, 5, 7, przy czym $U_1 = 100$ V zaś $U_n = U_1/n$.



Rys. 1. Przykład obwodu, w którym kompensacja mocy biernej Budeanu Q_B nie poprawia współczynnika mocy

Fig. 1. Example of a circuit where Budeanu's power Q_B compensation does not improve its power factor

Moc czynna P = 5019 W. Wartości mocy S, Q_B, D_B oraz współczynnik mocy $\lambda \triangleq P/S$ źródła w obwodzie bez kondensatora zestawione są w kolumnie (1) tabeli 1.

Tabela 1

Wielkość	Jedn.	(1)	(2)
C	F	-	0,3802
S	VA	7296	7259
Q_B	VA	5105	0
D_B	VA	1407	5244
λ	-	0,688	0,691

Moc bierna Q_B może być całkowicie skompensowana kondensatorem o pojemności C = 0,3802 F, (kolumna (2)), lecz nie zmienia to praktycznie współczynnika mocy.

Redukcji mocy biernej w powyższym przykładzie towarzyszy wzrost mocy deformacji. Niestety, teoria Budeanu nie dostarcza kryterium wyboru parametrów kompensatora minimalizującego jednocześnie obie moce. Poszukiwanie takiego kryterium, wyrażonego za pomocą pojęć tej teorii, wydaje się zupełnie nieuzasadnione, gdyż już z równania (13) wynika bezpośrednio kryterium minimalizacji wartości skutecznej prądu źródła.

Nazwa drugiej wielkości wprowadzonej przez Budeanu, mocy deformacji D_B, sugeruje jej związek z deformacją przebiegów. Rzeczywiście, jest ona równa zeru w obwodach z przebiegami sinusoidalnymi, lecz jest także równa zeru wtedy, gdy źródło odkształconego napięcia zasila odbiornik rezystancyjny, tj., gdy przebieg prądu nie jest zdeformowany względem napięcia. Oznacza to, że być może moc deformacji nie jest jakąś miarą samego stopnia odkształcenia przebiegów względem przebiegu sinusoidalnego, lecz raczej odkształcenia prądu względem napięcia. Sprawdzimy tę hipotezę. Moc deformacji może być przedstawiona w postaci:

$$D_B \triangleq \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2} = \sqrt{\frac{1}{2}\sum_{r=1}^{\infty}\sum_{s=1}^{\infty} A_{rs}}, \tag{15}$$

gdzie:

$$A_{rs} \triangleq U_r^2 I_s^2 + U_s^2 I_r^2 - 2U_r U_s I_r I_s \cos(\varphi_r - \varphi_s) =$$

$$= (I_s U_r - U_s I_r)^2 + 2U_r U_s I_r I_s \left[1 - \cos(\varphi_r - \varphi_s)\right] =$$

$$= U_r^2 U_s^2 (\underline{Y}_r - \underline{Y}_s)(\underline{Y}_r^* - \underline{Y}_s^*) \geqslant 0. \tag{16}$$

Ponieważ wszystkie wyrazy A_{rs} są nieujemne, moc deformacji D_B jest równa zeru wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdego $r, s \in \mathcal{N}$, $A_{rs} = 0$, tj. wtedy, gdy dla każdej harmonicznej napięcia

$$\underline{Y}_r = \underline{Y}_s. \tag{17}$$

Spełnienie tego warunku nie musi pociągać za sobą braku odkształceń prądu odbiornika względem napięcia. Wtedy, gdy warunek (17) jest spełniony przy $\varphi_r = \varphi_s \neq 0$, moc deformacji jest równa zeru pomimo odkształcenia prądu względem napięcia. Ilustruje to przykład 2.

Przykład 2. Źródło o napięciu (rys. 2b)

$$u \triangleq \sqrt{2}\, U_1 \sin\omega_1 t + \sqrt{2}\, U_3 \sin 3\omega_1 t$$

zasila odbiornik przedstawiony na rys. 2a, o admitancji dla pulsacji $\omega_1 = 1$ rad/s oraz $3\omega_1$, równej

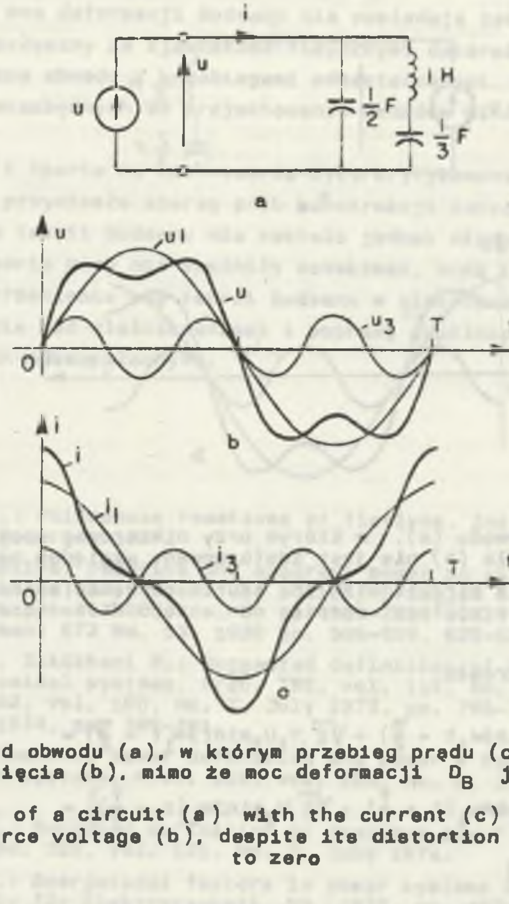
$$\underline{Y}_1 = \underline{Y}_3 = \underline{Y} = j\,1\ \mathrm{S}.$$

Warunek (17) jest spełniony, lecz prąd źródła

$$i = \sqrt{2}\, Y U_1 \sin(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}) + \sqrt{2}\, Y U_3 \sin(3\omega_1 t + \frac{\pi}{2}) =$$

$$= Y(\sqrt{2}\, U_1 \cos\omega_1 t + \sqrt{2}\, U_3 \cos 3\omega_1 t)$$

ma względem napięcia przebieg odkształcony (rys. 2c).



Rys. 2. Przykład obwodu (a), w którym przebieg prądu (c) jest zdeformowany względem napięcia (b), mimo że moc deformacji D_B jest równa zeru

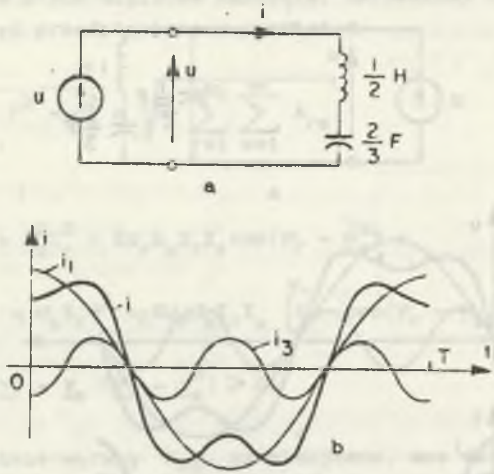
Fig. 2. Example of a circuit (a) with the current (c) deformed in relation to the source voltage (b), despite its distortion power D_B is equal to zero

Przeciwnie, przebieg prądu może być jedynie przesunięty względem napięcia, z zachowaniem kształtu, przy różnej od zera mocy deformacji. Ilustruje to przykład 3.

<u>Przykład 3</u>. Źródło o napięciu takim jak w przykładzie 2 zasila odbiornik przedstawiony na rys. 3a o admitancji:

$$\underline{Y}_1 = j\,1\text{ S};\quad \underline{Y}_3 = -j\,1\text{ S}.$$

Ponieważ warunek (17) nie jest spełniony, źródło jest obciążone mocą deformacji $D_B = 2YU_1U_3$, gdzie $Y = 1$ S.



Rys. 3. Przykład obwodu (a), w którym przy niezerowej mocy deformacji D_B prąd źródła (b) nie jest zdeformowany względem napięcia

Fig. 3. Example of a circuit with the source current (b) not distorted in relation to its voltage, despite non - zero distortion power D_B

Przebieg prądu źródła

$$i = \sqrt{2}\, Y_1 U_1 \sin(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}) + \sqrt{2}\, Y_3 U_3 \sin(3\omega_1 t - \frac{\pi}{2}) =$$

$$= Y\left[\sqrt{2}\, U_1 \sin\omega_1 (t + \frac{T}{4}) + \sqrt{2}\, U_3 \sin 3\omega_1 (t + \frac{T}{4})\right] =$$

$$= Yu(t + \frac{T}{4})$$

jest więc tylko przesunięty względem napięcia, nie zaś zdeformowany (rys. 3b).

Tak więc moc deformacji nie dostarcza żadnych informacji ani o stopniu deformacji przebiegu napięcia względem przebiegu sinusoidalnego ani o wzajemnej deformacji prądu i napięcia. W rzeczywistości wielkość ta pojawiła się w elektrotechnice w ten sposób, że po niewłaściwym zdefiniowaniu przez Budeanu mocy biernej między kwadratem mocy pozornej S^2 a sumą kwadratów mocy czynnej i biernej $P^2 + Q_B^2$ pojawiła się luka, którą trzeba było czymś wypełnić. Wypełniono ją właśnie D_B^2, nadając tej różnicy nazwę "mocy deformacji".

3. Wnioski

Moc bierna i moc deformacji Budeanu nie posiadają cech wiążących te moce w sposób rozłączny ze zjawiskami fizycznymi determinującymi właściwości energetyczne obwodu z przebiegami odkształconymi. Nie dostarczają też informacji niezbędnych do projektowania układów minimalizujących moc pozorną źródeł.

Wielkości te i oparta na nich teoria były krytykowane i przyjmowane sceptycznie, co przyniosło szereg prób konstrukcji innych teorii mocy. Dogłębna analiza teorii Budeanu nie została jednak nigdy przeprowadzona. Ponieważ inne teorie mocy nie spełniły oczekiwań, brak tej analizy pozwolił na rozprzestrzenienie się teorii Budeanu w elektrotechnice, prowadząc na manowce badania nad właściwościami i poprawą współczynnika mocy obwodów o przebiegach odkształconych.

LITERATURA

[1] Budeanu C.I.: Puissances reactives et fictives, Instytut Romain de l'Energie, Bucarest 1927.

[2] Fryze S.: Active, reactive and apparent power in circuits with nonsinusoidal voltage and current, in polish: Przegląd Elektrotechniczny, 1931, no. 7, pp. 193-203, no. 8, pp. 225-234, 1932, no. 22, pp. 673-676, in german: ETZ Bd. 53, 1932 pp. 596-599, 625-627, 700-702.

[3] Shepherd W., Zakikhani P.: Suggested definition of reactive power for nonsinuosidal systems, Proc. IEE, vol. 119, No. 9, Sept. 1972, pp. 1361-1362, Vol. 120, No. 7, July 1973, pp. 796-798, Vol. 121, No. 5, May 1974, pp. 389-391.

[4] D. Sharon: Reactive power definition and power - factor improvement in nonlinear systems, Proc. IEE, Vol. 120, No. 6, July 1973, pp. 704-706.

[5] Emanuel A.E.: Suggesed definition or reactive power in nonsinusoidal systems, Proc. IEE, Vol. 121, No. 7, July 1974.

[6] Emanuel A.E.: Energetical factors in power systems with nonlinear loads, Archiv für Elektrotechnik, 59, 1977, pp. 183-189.

[7] Nowomiejski Z.: Generalized theory of electrical power, Archiv für Elektrotechnik, 63, 1981, pp. 177-182.

[8] Fisher H.D.: Bemerkungen zu Leistungsbegriffen bei Strommen und Spannungen mit Oberschwingungen, Archiv für Elektrotechnik, 64, 1982, pp. 289-295.

[9] Antoniu S.I. i inni: P, Q, D-mètre apparail pour la mesure des puissances et ánergies actives, réactives et déformantes dans in régime énergetique deforment, Congres MESUCORA, Paris 1973.

[10] Sawicki J.: The measurement of reactive power $\sum$ UI sin Q, Acto IMEKO, Budapest 1977.

[11] Lopez R.A. i inni: Reactive power meter for nonsinusoidal systems, IEEE Trans. Instr. Meas., Vol. IM-26, no. 3, pp. 256-260, 1977.

[12] Czarnecki L.S.: Measurement principle of a reactive power meter for nonsinusoidal systems, IEEE Trans. Instr. Meas., Vol. IM-30, No. 3, pp.209-212, 1981.

[13] Czarnecki L.S.: One - ports which realize Hilbert transformation and their application in reactive power meters, (in polish), Archiwum Elektrotechniki, z. 3/4, pp. 415-425, 1984.

[14] Filipski P.: Measurement of distortion current and distortion power, IEEE Trans. on Instr. Meas., Vol. IM-33, No. 1, pp. 36-40, 1984.

[15] Czarnecki L.S.: 1-ports with orthonormal properties, Int. Journ. on Circuit Theory and Appl., Vol. 6, pp. 65-73, 1978.

[16] Czarnecki L.S.: Orthonormal 2-port synthesies, Proc. European Conf. on Circuit Theory and Design, Lausanne 1979.

[17] Czarnecki L.S.: Considerations on the reactive power in nonsinusoidal situations. IEEE Trans. on Instr. Meas., Vol. IM-34, No. 3, Sept. 1985.

[18] Sawicki J.: Meßmethoden zur Bestimmung der Blindleistung nach Budeanu bei verzerrten Strom - und Spannungskurven, Archiv für Elektrotechnik, 69, 1986, pp. 227-238.

[19] Czarnecki L.S.: Metoda pomiaru mocy biernej obwodów o przebiegach odkształconych, wykorzystująca modulację jednowstęgową. ZN Pol. Śl. Elektryka, Nr 88, 1984.

Recenzent: prof. dr inż. Stanisław Bolkowski

Wpłynęło do redakcji 15 maja 1987 r.

РЕАКТИВНАЯ И ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОЩНОСТИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ БУДЕАНА И ПРИЧИНЫ НЕПРИГОДНОСТИ ЭТИХ ВЕЛИЧИН В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Р е з ю м е

Сформулированная Будеаном теория мощности электрических цепей с деформациями, распространилась в электротехнике, несмотря на оговорки и почти 60-летние поиски новых теорий. Оговорки относятся в основном к тому, что в этой теории реактивная мощность не определена мгновенными значениями тока и напряжения, а определяется с помощью тригонометрических рядов этих величин. Проблема измерения таким образом определённой реактивной мощности была решена спустя почти 50 лет, а проблема поправки коэффициента мощности источника на основе теории мощности Будеана не дождалась решения. Главные недостатки этой теории не были, однако, выявлены. А именно, в этой теории реoктивная и деформационная мощности не имеют никаких черт, связывающих эти мощности с физическими явлениями, влияющими на бесполезный рост действующих значений тока источника. Поэтому, они не поставляют никаких информаций необходимых для проектирования компенсаторов. Деформационная мощность никаким образом не информирует о деформации протекания в электрической цепи. Невыявление этих недостатков направило по неверному пути исследования энергетических свойств электрических цепей с деформациями.

REACTIVE AND DISTORTION POWERS ACCORDING TO BUDEANU'S DEFINITION AND THEIR USELESSNESS IN ELECTRICAL ENGINEERING

S u m m a r y

Power theory of circuits with non-sinusoidal wave forme formulated by Budeanu has widened in electrical engineering for almsot 60 years, despite some objections and attempts of finding other theories.

The objectione have mainly concerned the fact that in this theory the reactive power is not defined by actual values of current and voltage but indirectly, by means of trigonometric series of these quantities.

The problem of measurement of such defined reactive power has been solved after almost 50 years, while the problem of the source power factor improvement on the basis of the Budeanu's power theory has not reached the solution.

The main disadvantages of the Budeanu's theory have not been revealed however. Namely, the reactive power and distortion power have no features linking these powers with physical phenomena responsible for useless increase of the rms value of the source current. Because of this they do not provide us with any information indispensable to design compensators. The distortion power do not provide any information on the wave forms distortion either.

Failing to notice these disadvantages early enough, has led the research on energetistic properties of the circuits with non-sinusoidal wave forms astray.