

Florian KRASUCKI
Jan BŁAŻ
Piotr GRUSZCZYŃSKI

ODCHYLENIA NAPIĘCIA W SIECIACH ODDZIAŁOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono podstawowe pojęcia i wymagania dotyczące jakości napięcia w elektroenergetycznych sieciach przemysłowych. Scharakteryzowano wpływ odchyłeń napięcia na pracę silników napędowych maszyn górniczych. Przedstawiono sposób i wyniki pomiarów odchyłeń napięcia w oddziałowych górniczych sieciach elektroenergetycznych.

1. Wstęp

Podstawowym zadaniem układu elektroenergetycznego jest dostarczenie energii elektrycznej w odpowiedniej ilości i o odpowiedniej jakości. Pod pojęciem jakości energii elektrycznej w danym punkcie sieci rozumie się zbiór wymaganych od niej własności, warunkujących prawidłową, wydajną i bezpieczną pracę odbiorników - zgodnie z ich przeznaczeniem. Właściwa praca wyposażenia elektrycznego w sieciach przemysłowych, jak również w szeregu przypadków ilość i jakość produkcji, zależy od jakości energii elektrycznej. Dostarczenie energii elektrycznej o niższej jakości powoduje powstanie dodatkowych strat mocy czynnej i biernej w układzie zasilającym, przyspiesza starzenie się izolacji maszyn elektrycznych, transformatorów, kabli i przewodów, powoduje zmianę prędkości przebiegu procesów technologicznych, a także może mieć wpływ na pracę układów automatyki, telemechaniki i łączności.

Ilościowo jakość energii charakteryzują głównie poziom częstotliwości oraz jakość napięcia. Jakość energii elektrycznej zależy od warunków jej wytwarzania, przesyłu i rozdziału oraz użytkowania.

Oddziałowe sieci górnicze o napięciu znamionowym 500 lub 1000 V zasilane są z wysokonapięciowej sieci rozdzielczej za pośrednictwem przewodzonych stacji transformatorowych. O jakości napięcia w sieciach oddziałowych decydują więc głównie:

- jakość napięcia dostarczonego z sieci rozdzielczej energetyki zawodowej,
- parametry poszczególnych elementów tworzących sieć kopalnianą (moc zwarciowa w sieci WN, długość i przekrój kabli i przewodów, moce stacji transformatorowych itp.),
- rodzaje i moce odbiorników oraz warunki ich pracy.

W większości kopalń transformatory w głównych stacjach zasilających wyposażone są w urządzenia do automatycznej lub ręcznej regulacji napięcia pod obciążeniem. Umożliwia to zmianę poziomu napięcia w sieci rozdzielczej kN - nP. w okresie zwiększonego obciążenia sieci kopalnianej.

Pozostałe czynniki decydujące o jakości napięcia w sieciach oddziaływających wynikają z warunków pracy maszyn górniczych i parametrów poszczególnych elementów układu ich zasilania.

2. Jakość napięcia

2.1. Pojęcia i wymagania podstawowe

Parametrami charakteryzującymi jakość napięcia w sieci trójfazowej prądu przemiennego są: poziom, odchylenia i wahania napięcia, niesinusoidalność kształtu krzywej napięcia oraz przesunięcie punktu zerowego i niesymetria układu trójfazowego napięć.

Poziomem zmieniającego się napięcia U_t w danym punkcie sieci i w okresie czasu T nazywa się wartość średnią napięcia $U_{\bar{s}r}$ określoną z zależności:

$$U_{\bar{s}r} = \frac{1}{T} \int_0^T U_t dt \quad (1)$$

Odchyleniem napięcia δU w danym punkcie sieci nazywa się różnicę między faktyczną wartością skuteczną napięcia U i wartością napięcia znamionowego U_N dla danej sieci - przy zmianach napięcia U zachodzących wolniej niż $0,02 U_N$ na sekundę (w ZSRR - $0,01 U_N$ na sekundę)

$$\delta U = U - U_N \quad (2)$$

Wymagania dotyczące poziomu napięcia i dopuszczalnych odchyień określone przez poszczególne normy przedmiotowe są przestrzegane w zasadzie na etapie projektowania sieci kopalnianej. Natomiast w czasie eksploatacji maszyn i urządzeń elektrycznych nie są one zazwyczaj kontrolowane.

W normie [9] określono dopuszczalne granice napięcia, przy znamionowej częstotliwości zasilania, w których silniki w stanie nagrzanym powinny być zdolne do wydania mocy znamionowej; wynoszą one $(95 \pm 105)\%$ napięcia znamionowego. Zatem dopuszczalne odchylenia napięcia dla silników elektrycznych wynoszą $\pm 0,05 U_N$.

Dla styczników niskonapięciowych o napędzie elektromagnesowym dopuszczalne odchylenia napięcia umożliwiające ich poprawne zadziałanie wynoszą: od $-0,15 U_N$ do $+0,1 U_N$, wg [10].

We wskazówkach projektowania sieci elektroenergetycznych w zakładach przemysłowych [8] podano, że dopuszczalne odchylenia od napięcia znamionowego nie powinny być większe niż $(-4 \div +7)\%$ na zaciskach odbiorników siłowych o czasie użytkowania dłuższym od 2000 godzin na rok oraz $(-5 \div +7)\%$ dla odbiorników o mniejszym czasie użytkowania. Dla źródeł światła wartości te wynoszą: $(-3 \div +5)\%$, przy czym dla oświetlenia rtęciowego zewnętrznego przyjmuje się $(-4 \div +5)\%$. W warunkach zakłóceńowej pracy układu sieci odchylenia napięcia nie powinny przekraczać 10%.

W innych krajach przyjmowane są zbliżone wymagania dotyczące dopuszczalnych odchyżeń napięcia.

Na przykład w ZSRR, zgodnie z obowiązującą od 1969 r. normą dotyczącą jakości energii elektrycznej [3], wymaga się, aby na zaciskach silników elektrycznych i aparatów do ich sterowania i rozruchu odchylenia napięcia nie przekraczały wartości: $(-5 \div +10)\%$, a na zaciskach źródeł światła: $(-2,5 \div +5)\%$. Dla pozostałych odbiorników dopuszcza się odchylenia napięcia w przedziale $\pm 5\%$. W stanach powaryjnych układu zasilającego dopuszcza się dodatkowe obniżenie napięcia o 5%.

Wahaniem napięcia V nazywa się zmiany napięcia zachodzące z szybkością nie mniejszą niż $0,02 U_N$ na sekundę. Wahania napięcia charakteryzują się: wartością wahań (jest to różnica między największymi U_{max} i najmniejszymi U_{min} wartościami skutecznymi napięcia w czasie szybkich zmian obciążenia), częstością występowania wahań i czasem ich trwania. Wahania napięcia wpływają ujemnie głównie na pracę elektrycznych źródeł światła. Dopuszczalne wartości wahań napięcia dla odbiorników oświetleniowych [9] nie mogą przekraczać $(1 \div 2)\%$ przy częstotliwości wahań $3 \div 20$ na sekundę, $2 \div 4\%$ przy częstotliwości do 3 na sekundę oraz powyżej 20 na sekundę. Dla odbiorników siłowych w zasadzie nie należy dopuszczać do wahań przekraczających 10%.

Norma radziecka [3] określa dopuszczalne wahania napięcia V_d na zaciskach lamp świetlniowych powyżej dopuszczalnych odchyłek napięcia w zależności od częstotliwości ich występowania, z wyrażenia:

$$V_d = 1 + \frac{6}{n} = 1 + \frac{4t}{10} \quad (3)$$

gdzie:

n - liczba wahań w ciągu godziny,

Δt - średnia przerwa między kolejnymi wahaniami (w minutach).

Niesinusoidalność krzywej napięcia określa się najczęściej za pomocą stosunku (rys. 1)

$$\frac{|a - b|}{c} \quad (4)$$

gdzie:

a - wartość chwilowa rzeczywistego przebiegu napięcia w dowolnej chwili t_1 .

b - wartość chwilowa pierwszej harmonicznej napięcia w chwili t_1 ,

c - amplituda pierwszej harmonicznej napięcia.

Przyjmuje się [9] krzywą napięcia jako praktycznie sinusoidalną, jeżeli wartość określona z wyrażenia (4) dla dowolnej chwili nie przekracza 5%, tzn. $|a - b| \leq 0,05 c$.

Norma radziecka [3] charakteryzuje niesinusoidalność krzywej napięcia wartością we wszystkich nieparzystych wyższych harmonicznych określoną z zależności:

$$\sqrt{\sum_{j=3}^n u_j^2} \quad (5)$$

gdzie:

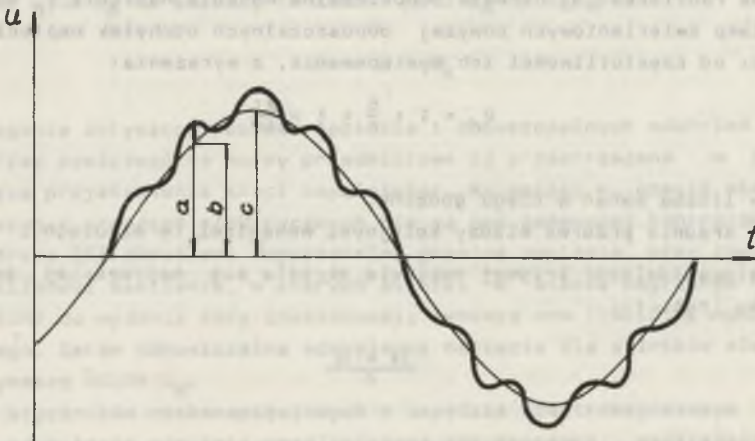
u_j - wartość skuteczna poszczególnych harmonicznych.

Tak obliczona wartość skuteczna we wszystkich wyższych harmonicznych napięcia na zaciskach dowolnych odbiorników energii elektrycznej nie powinna przewyższać 5% wartości skutecznej napięcia o podstawowej częstotliwości sieci.

Przesunięcie punktu zerowego układu trójfazowego napięć charakteryzuje się wartością bezwzględną składowej symetrycznej zerowej napięcia U_0 , a niesymetrię układu trójfazowego napięć - wartością bezwzględną składowej symetrycznej przeciwnej napięcia U_2 .

$$U_0 = \frac{1}{3} (U_R + U_S + U_T) \quad (6)$$

$$U_2 = \frac{1}{3} (U_R + a^2 \cdot U_S + a \cdot U_T) \quad (7)$$



Rys. 1. Krzywa napięcia odkształconego

Za praktycznie symetryczny układ trójfazowy napięć [9] uważa się układ, w którym wartość składowej symetrycznej zerowej oraz wartość składowej symetrycznej przeciwnej nie przekraczają 2% wartości składowej symetrycznej zgodnej.

Podobnie norma radziecka [3] dopuszcza długotrwale na zaciskach dowolnych trójfazowych symetrycznych odbiorników energii elektrycznej składową symetryczną przeciwną napięcia o wartości do $0,02 U_N$.

2.2, Wpływ odchyień napięcia na pracę silników maszyn górniczych

Podstawowymi odbiornikami energii elektrycznej w sieciach oddziaływych są silniki asynchroniczne klatkowe, napędzające maszyny górnicze. Dostosowywanie technologii wydobywania do rosnących zadań wydobywczych sprowadza się obecnie do opracowywania bardziej wydajnych maszyn o coraz to większych mocach znamionowych. Dotyczy to tak mocy jednostkowej głównych silników maszyn przodkowych jak i łącznej mocy zapotrzebowanej przez kompleksy maszyn i urządzeń oddziaływych.

Równocześnie sieci zasilające, charakteryzujące się względnie dużą impedancją (małe moce znamionowe transformatorów i małe przekroje przewodów) stwarzają określone trudności w praktycznym wykorzystaniu możliwości produkcyjnej maszyn górniczych.

Zmieniające się w szerokich granicach obciążenie, częste rozruchy i znaczne przeciążenia silników napędowych powodują, że wartość napięcia roboczego na zaciskach silników zmienia się w stosunkowo dużych granicach. Pociąga to za sobą znaczne zmiany charakterystyki mechanicznej silników zarówno podczas pracy normalnej jak i podczas rozruchów.

Obniżenie się wartości napięcia zasilającego silnik asynchroniczny prowadzi, jak wiadomo, do zmniejszenia momentu rozruchowego i maksymalnego silnika - w przybliżeniu proporcjonalnie do kwadratu napięcia na jego zaciskach. W warunkach dołowych spadki napięcia w sieciach oddziaływych podczas rozruchu osiągają duże wartości. W czasie pomiarów przeprowadzonych w rzeczywistych sieciach oddziaływych 1000 V [7] stwierdzono, że rozruch silników napędowych maszyn górniczych powoduje obniżenie napięcia dochodzące do ok. 290 V (w sieciach o napięciu znamionowym 1000 V pomiary przeprowadzono na zaciskach łączników manewrowych).

Prowadzi to do wydłużenia się czasów rozruchu, a nawet w skrajnych przypadkach uniemożliwia przeprowadzenie rozruchu.

Przykładowo na podstawie badań [4] można podać czasy rozruchu silnika kombajnowego SKB-84 obciążonego momentem znamionowym przy zasilaniu napięciem obniżonym. Czas rozruchu silnika przy napięciu $0,95 U_N$ był większy o 29%, przy $0,9 U_N$ o 83%, przy $0,85 U_N$ o 178%, a przy napięciu $0,8 U_N$ już 5,5-krotnie większy od czasu rozruchu silnika przy napięciu znamionowym.

Praca obciążonych silników przy obniżonym napięciu powoduje przyspieszenie starzenia izolacji tym większe, im mniejszy jest prąd biegu jałowego silnika. W pracy [5] podano, że zasilanie silnika asynchronicznego

przy obciążeniu znamionowym napięciem o 5% mniejszym od U_N , powoduje przyspieszenie starzenia izolacji od 1,2-krotnie (dla silników o prądzie biegu jałowego $I_o = 0,4 I_N$) do 1,5-krotnie (dla $I_o = 0,2 I_N$).

Na szybkość starzenia izolacji ma istotny wpływ ilość przeprowadzonych rozruchów silnika asynchronicznego w czasie doby. Obliczono [5], że praca silnika którego prąd biegu jałowego $I_o = 0,2 I_N$, prąd rozruchu $I_r = 2 I_N$, moment maksymalny $M_{max} = 2 M_N$ zasilanego napięciem $U = U_N$, $U = 0,9 U_N$ i $U = 0,8 U_N$, każdym przez czas 8 godzin w ciągu doby, przy 4 rozruchach na dobę i pracy przerywanej 50%, powoduje 8,5-krotne przyspieszenie starzenia izolacji. Podobnie przy pracy przerywanej 30% i opisanych wcześniej warunkach zasilania, przy 36 rozruchach na dobę, 7,3-krotnie przyspiesza się starzenie izolacji tego silnika w porównaniu ze starzeniem izolacji w tych samych rodzajach pracy, lecz przy zasilaniu napięciem znamionowym. Ilość rozruchów maszyn górniczych jest stosunkowo duża. Przykładowo - na podstawie pomiarów w jednej z kopalń Katowickiego Zjednoczenia PW [7] średnia ilość rozruchów w czasie doby silników kombajnu KWB-3RDS (2x135 kW) wynosi 144, a współpracującego z nim przenośnika taśmowego "Rybnik" (2x90 kW) - 225 rozruchów w czasie doby. Są to wartości średnie na podstawie 10-dniowych pomiarów.

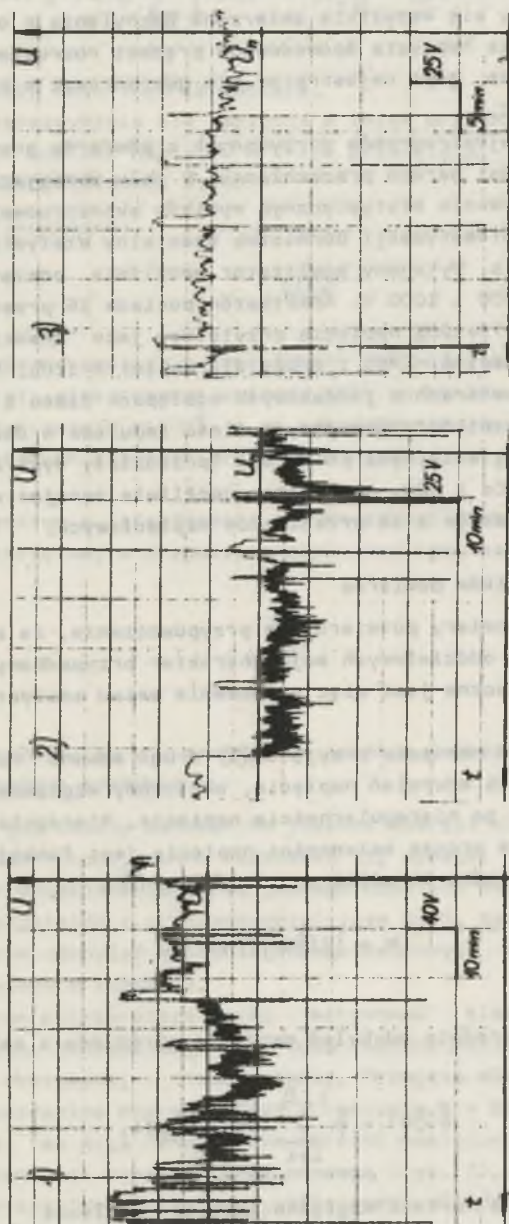
Z danych uzyskanych w Zakładach Naprawczych PW DAMEL za rok 1975 z ogólnej ilości naprawianych silników kombajnowych typu 4SKB-84 i 2SKB-84 41,1, miało "spaloną" izolację uzwojeń. Dla silników typu SDKSe 250M4 i SDKSe 280M4, napędzających przenośniki wskaźnik ten wynosił 65,9%. Nie prowadzi się dokładnych badań przyczyn uszkodzenia izolacji uzwojeń silników, jednak wydaje się, że główne z nich to duża częstota rozruchów i praca silników w niewłaściwych warunkach zasilania. W przypadku silników kombajnowych znaczna część uszkodzeń izolacji spowodowana jest również przeciekami oleju.

Odchylenia napięcia od wartości znamionowej na zaciskach silników kombajnowych węglowych wpływają również na ich wydajność i zmniejszenie udziału grubych sortymentów węgla. W [2] wykazano, że obniżenie napięcia o 5% od znamionowego prowadzi do zmniejszenia wydajności kombajnu węglowego średnio o 15%.

2. Pomiarzy odchyżeń napięcia w sieci oddziałowej

2.1. Sposób i zakres badań

W celu zorientowania się w zakresie zmian poziomu napięcia w rzeczywistych sieciach oddziałowych wykonano szereg pomiarów w kilku kopalniach węgla kamiennego. Mierzono wartość napięcia na zaciskach łączników kopalnianych typu KWSOI lub OW, w odległości od kilkuset do kilkudziesięciu metrów od odbiorników. Do pomiarów wykorzystano częściowo aparaturę typową w postaci woltmierzey rejestrujących typu "Vareg", częściowo specjalnie skonstruowany statystyczny analizator poziomu napięcia.



Rys. 2. Przykłady rejestratów w punktach pomiarowych 1, 2 i 3

Rejestratory "Vareg" wyposażono w dodatkową przystawkę rozszerzającą zakres przyrządu. Pozwoliło to na ciągły zapis odchyień napięcia w granicach od -24% do +17% napięcia znamionowego w sieciach 500 i 1000 V. W zakresie tym mieściły się wszystkie zmierzone odchylenia w okresie pracy ustalonej. Odchylenia napięcia spowodowane prądami rozruchowymi silników nie były analizowane, gdyż rejestrator nie gwarantował w tym przypadku wymaganej dokładności.

Opracowywanie rejestrogramów otrzymanych z pomiarów przy użyciu rejestratora "Vareg" jest bardzo pracochłonne. W celu zmniejszenia pracochłonności przy opracowywaniu statystycznym wyników skonstruowano w Instytucie Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa specjalny statystyczny analizator poziomu napięcia. Wykonany analizator umożliwił pomiary poziomu napięcia w sieciach 500 i 1000 V. Analizator posiada 16 przedziałów napięciowych w zakresie 75÷120% napięcia przyjętego jako "znamionowe" oraz jeden przedział dla napięć <75% i drugi dla napięć >120%. Próbkowanie napięcia polega na pomiarach w jednakowych odstępach czasu i rejestracji wyników za pomocą liczników zliczających ilość impulsów w danym przedziale. Odstępów czasu między kolejnymi pomiarami (przedziały dyskretności) mogą wynosić: 1s, 10s, 60s i 90s. Analizator umożliwia zarejestrowanie 100 000 wyników pomiaru w każdym z 18 przedziałów napięciowych.

3.2. Analiza wyników pomiarów

Przeprowadzone pomiary potwierdzają przypuszczenie, że zmiany napięcia w czasie w sieciach oddziaływanych mają charakter przypadkowy. Do analizy zmian napięcia konieczne jest więc stosowanie metod statystyki matematycznej.

Do oceny odchyień napięcia przyjęto [1] drugi moment rozkładu prawdopodobieństwa wartości odchyień napięcia, obliczony względem napięcia znamionowego i nazwano go nieregularnością napięcia. Nieregularność napięcia N przy założeniu, że proces zmienności napięcia jest funkcją losową o rozkładzie normalnym, można określić z zależności [1]:

$$N = [E(\delta U)]^2 + \sigma^2 \quad (8)$$

gdzie:

$E(\delta U)$ - wartość średnia odchyień napięcia określona z zależności

$$E(\delta U) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \delta U_{ti} \cdot \Delta t_i \quad (9)$$

δU_{ti} - procentowa wartość względna odchyień napięcia:

$$\delta U_{ti} = \frac{U_{ti} - U_N}{U_N} 100 \quad (10)$$

σ^2 - wariancja

$$\sigma^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n [E(\Delta U) - \Delta U_{\tau i}]^2 \Delta t_i \quad (11)$$

T - całkowity czas trwania pomiaru,

Δt_i - czas utrzymywania się napięcia w i-tym przedziale,

$U_{\tau i}$ - średnia wartość napięcia w i-tym przedziale,

U_N - napięcie znamionowe sieci.

Odchylenie standardowe:

$$\sigma(U) = \sqrt{\sigma^2}$$

Jakość napięcia w sieciach przemysłowych i na zaciskach poszczególnych odbiorników energii elektrycznej uważana jest za bardzo dobrą [1], jeżeli nierregularność napięcia $N < 10\%^2$, a za zdecydowanie złą, kiedy $N > 100\%^2$. Dla sieci oddziałowych przyjęto [6] jako warunek dobrej jakości napięcia $N \leq 25\%^2$.

Prawdopodobieństwo p znajdowania się poszczególnych parametrów jakości energii elektrycznej w przedziale dopuszczalnym, można określić z zależności:

$$p = \frac{\Delta t}{T} \quad (12)$$

gdzie:

Δt - czas utrzymywania się parametrów jakości energii elektrycznej w dopuszczalnym przedziale.

W przypadku, gdy zmiany parametrów jakości energii elektrycznej w czasie mają charakter losowy, norma radziecka [3] wymaga, aby wartości parametrów jakości określone za okres jednego miesiąca nie przekraczały dopuszczalnych przedziałów z prawdopodobieństwem 0,95, zatem $p \geq 0,95$.

Wyniki pomiarów odchyłek napięcia przeprowadzonych w sieciach oddziałowych przedstawiono w tabeli 1.

Wyniki pomiarów potwierdzają małą "sztywność" elektroenergetycznych sieci oddziałowych. Dowodem tego jest duża różnica poziomu napięcia w stanie pracy sieci obciążonej i nieobciążonej. Przyjęta dla sieci oddziałowej wartość dopuszczalna nierregularności napięcia $N = 25\%^2$ jest kilkakrotnie przekroczona. Tak więc rzeczywista wartość napięcia zasilania odbiega znacznie od wartości napięcia znamionowego (rys. 2). Świadcza o tym również małe wartości "wskaźnika" p , obliczonego dla przedziału od $0,95 U_N$ do $1,05 U_N$ (co odpowiada dopuszczalnym odchyleniom napięcia dla silników indukcyjnych). Wynika z tego, że silniki napędowe maszyn górniczych zasil-

Tabela 1

Wartości parametrów charakteryzujących jakość napięcia
w poszczególnych punktach pomiarowych

Lp.	Nr punktu pom.	Zmiany robocze	E(δU)	s(!)	N	p	Uwagi
			%	%	% ²	-	
1	1	I	3,68	2,65	20,56	0,52	U _N = 1000 V podczas pracy kombajnu KWB-3RDS
2		II	5,22	1,98	31,17	0,45	
3		III	5,62	2,18	36,34	0,34	
4		$\Sigma I-III$	4,65	2,51	27,10	0,53	
5		I	10,23	2,44	110,60	0,02	kombajn nie pracuje
6		II	11,52	2,28	137,90	0,00	
7		III	10,73	1,80	118,37	0,00	
8		$\Sigma I-III$	10,81	2,23	121,83	0,01	
9	2	I	-1,81	2,10	7,69	0,91	U _N = 500 V podczas pracy kombajnu KWB-3RF
10		II	0,80	2,67	7,77	0,91	
11		III	2,49	1,38	8,10	0,95	
12		$\Sigma I-III$	0,35	3,78	14,41	0,92	
13		I	2,19	1,76	7,89	0,92	kombajn nie pracuje
14		II	5,01	2,40	30,86	0,49	
15		III	9,26	2,45	91,75	0,06	
16		$\Sigma I-III$	5,80	3,30	44,53	0,45	
17	3	I	3,80	3,30	25,34	0,73	U _N = 500 V podczas pracy przenośnika "Rybnik 73"
18		II	5,52	2,80	38,30	0,50	
19		III	6,58	4,00	59,30	0,46	
20		$\Sigma I-III$	5,60	3,00	40,60	0,56	
21		I	9,35	3,61	100,49	0,22	przenośnik nie pracuje
22		II	9,15	3,00	92,90	0,02	
23		III	11,71	2,60	143,70	0,01	
24		$\Sigma I-III$	10,45	2,50	115,87	0,03	

lane są w stosunkowo krótkim czasie napięciem o wartości zawartej w przedziale dopuszczalnym. W przeważającej większości przypadków wielkość E(δU) posiada wartość dodatnią. Powodem tego jest stałe wkorzystywanie odczepów podwyższających napięcie w stacjach transformatorowych przewoźnych i transformatorach zasilających kopalnię.

4. Zakończenie

Zagadnienie odchylenia napięcia w sieciach oddziaływych należy traktować w aspekcie ekonomicznym. Ma ono bowiem wpływ zarówno na żywotność wyposażenia elektrycznego, głównie silników elektrycznych, jak również na wydajność maszyn urabiających.

Środkami mającym zapewnić dostateczną jakość napięcia w sieciach oddziaływych jest obecnie dążenie do utrzymywania możliwie małej rozległości tych sieci przy równoczesnym wykorzystaniu zaczepów podwyższających w stacjach transformatorowych przewoźnych i transformatorach zasilających kopalnię. Stwarza to z jednej strony trudności natury techniczno-ruchowej związane z eksploatacją takiej sieci, z drugiej prowadzi do znacznego wzrostu napięcia w okresie zmniejszonego obciążenia sieci. W rezultacie poziom napięcia w sieci zmienia się w bardzo szerokich granicach.

Stabilizację napięcia w sieciach oddziaływych zapewnić mogą jedynie urządzenia do regulacji napięcia pod obciążeniem. Regulacja taka powinna zapewniać stały poziom napięcia na zaciskach silników we wszystkich stanach pracy. Pozwoliłoby to osiągnąć zbliżone do znamionowych wartości momentów rozruchowych silników oraz uzyskać bardziej ekonomiczne i niezawodne warunki zasilania maszyn górniczych.

Wybór i konstrukcję urządzenia do regulacji napięcia należy poprzedzić zbadaniem procesu zmienności napięcia w sieciach oddziaływych.

LITERATURA

- [1] Aillertt O.: L'introduction de la mesure dans la notion de la qualite du service d'une distribution d'electricite et son interet au point de vue de la conception des reseaux. Bulletin de la Societe francaise des electriciens 1956, v. 6, nr 61.
- [2] Bekkier R.G., Nabokow E.P., Szpiłow A.D.: Wlijanije otklonenii napriazhenija w szachtnoj uczastkowej sieti na proizvoditel'nost' ugol'nogo kombajna. Ugol 1975, nr 7.
- [3] GOST - 13109 - 67. Normy kaczestwa elektriczeskoj energii u jeje prijemnikow, prisojediniennyh k elektriczeskim sietiam obszczego naznaczaenija.
- [4] Informacja naukowa nr 1. Prace GIG. Katowice, sierpień 1969.
- [5] Konjuhowa E.A.: Wlijanije kaczestwa napriazhenija na srok służby izolacji asinchronnych dwigatielej. Promyszlennaja Energietika 1965, nr 6.
- [6] Konowałow B.P.: Issledowanije kaczestwa napriazhenija w uczastkowych raspriedielitel'nyh sietjach szacht pribałtickogo basiejna. LGI Naucznyje Trudy. Nowyje issledowanija w gornoj elektromechanikie. Leningrad 1973, wyp. 5.
- [7] Krasucki F. i inni: Optymalizacja zasilania elektrycznego oddziałów górniczych o dużej koncentracji wydobywania. Etap I (niepublikowana). Praca IEAG Politechniki Śląskiej, 1976.
- [8] Praca zbiorowa: Wskazówki projektowania sieci elektroenergetycznych w zakładach przemysłowych. Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Budownictwa Przemysłowego. Warszawa 1974, wyd. III.

- [9] PN-72/E-06000: Maszyny elektryczne wirujące. Ogólne wymagania i badania.
- [10] PN-73/E-06152: Styczniki niskonapięciowe. Ogólne wymagania i badania.

ОТКЛОНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В УЧАСТКОВЫХ СЕТЯХ

Резюме

Представлены основные понятия и требования касающиеся качества напряжения в электроэнергетических промышленных сетях. Проводится характеристика влияния отклонений напряжения на работы приводных двигателей горных машин. Представлен способ и результаты измерений отклонений напряжения в участковых шахтных электроэнергосетях.

VOLTAGE DEVIATIONS IN FLAT NETWORKS

Summary

Basic notions and requirements concerning voltage properties in industrial power networks have been presented along with the influence of voltage deviations on the mining machinery driving motors.

Voltage deviation measurements means and results in power networks of mining flats have also been shown.