

SRODKI TRANSPORTU POWIETRZNEGO	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-88
	Układy zasilania elektrycznego samolotów i śmigłowców	3886-10
	Wymagania dotyczące jakości energii elektrycznej	Grupa katalogowa 0519

BN-88/3886-10 (idt CT CЭB 4333-84)

PRZEDMOWA

BN-88/3886-10 jest tłumaczeniem międzynarodowej normy RWPG CT CЭB 4333-84 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Требования к качеству электроэнергии.

W przypadkach spornych rozstrzygający jest oryginalny normy CT CЭB 4333-84. Przedmowa i Informacje dodatkowe stanowią krajowe uzupełnienie treści normy międzynarodowej CT CЭB 4333-84.

NORMA MIĘDZYNARODOWA CT CЭB 4333-84**0. WSTĘP**

Niniejsza norma dotyczy nowo opracowanych układów zasilania elektrycznego samolotów i śmigłowców i określa wymagania dotyczące jakości energii elektrycznej w stanach ustalonych i przejściowych oraz wymagania dotyczące zasilania odbiorników energii elektrycznej.

1. WYMAGANIA OGÓLNE

1.1. Układ zasilania elektrycznego przy użytkowaniu, zgodnie z określonymi wymaganiami i przy zasilaniu z pokładowych lub naziemnych układów wytwarzania, powinien zapewniać na zaciskach odbiorników jakość energii elektrycznej, odpowiadającą wymaganiom niniejszej normy dla wszystkich warunków pracy i otoczenia zewnętrznego.

1.2. Przy normalnej pracy układ zasilania elektrycznego powinien składać się nie mniej niż z dwóch niezależnych kanałów lub układów, z wyjątkiem samolotów (śmigłowców) szkolnych i samolotów (śmigłowców) rolniczych i sportowych mających jeden silnik, na których dopuszcza się stosowanie jednokanałowego układu zasilania elektrycznego.

Dopuszcza się elektryczne połączenie niezależnych układów.

1.3. Układ zasilania elektrycznego samolotu (śmigłowca) może być pierwotny lub wtórny.

1.4. Pierwotne lub wtórne układy zasilania elektrycznego mogą być dwóch rodzajów:

- 1) trójfazowego prądu przemiennego o stałej częstotliwości,
- 2) prądu stałego.

1.5. W przypadkach technicznie uzasadnionych, dopuszcza się następujące rodzaje układów zasilania elektrycznego:

- 1) pierwotne — trójfazowego prądu przemiennego o zmiennej częstotliwości,
- 2) wtórne — jednofazowego prądu przemiennego o stałej częstotliwości i specjalne.

1.6. Układy zasilania elektrycznego powinny być połączone z korpusem (masą elektryczną) samolotu (śmigłowca):

- 1) przewodem zerowym — dla układu trójfazowego,
- 2) przewodem minusowym — dla układu prądu stałego,
- 3) jednym z przewodów — dla układu jednofazowego.

W przypadku konstrukcji samolotu nie przewodzącej prądu elektrycznego, dopuszcza się ułożenie przewodu zerowego lub minusowego, lub powrotnego, lub też wspólnego.

Zgłoszona przez Instytut Lotnictwa

Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Lotnictwa dnia 16 marca 1988 r.

jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1988 r.

(Dz. Norm. i Miar nr 7/1988, poz. 17)

1.7. Praca pierwotnego układu zasilania elektrycznego i związanego z nim układu wtórnego nie powinna zależeć od pracy innych układów zasilania elektrycznego, nie odnoszących się do rozpatrywanych.

1.8. Poziom zakłóceń radioelektrycznych, wytwarzanych przez układy zasilania elektrycznego, w punktach podłączenia układu wytwarzania do układu rozdzielu, w decybelach w stosunku do 1 μ V, w powinien przekraczać wartości podanych w tabl. 1.

2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

2.1. Wymagania dotyczące układu zasilania trójfazowym prądem przemiennym o stałej częstotliwości

2.1.1. Układ zasilania trójfazowym prądem przemiennym o stałej częstotliwości powinien być trójprzewodowy, z fazami połączonymi w gwiazdę o znamio-

Tablica 1

Poziom zakłóceń radioelektrycznych przy mocy kanału			
do 6 kV · A (kW)		powyżej 6 kV · A (kW)	
Częstotliwość MHz	dB, nie więcej niż	Częstotliwość MHz	dB, nie więcej niż
od 0,15 do 0,50	66-22,97 lg $\frac{f}{0,15}$	od 0,15 do 0,50	66-22,97 lg $\frac{f}{0,15}$
powyżej 0,50 do 6,00	54-12,96 lg $\frac{f}{0,50}$	powyżej 0,50 do 3,00	54-12,97 lg $\frac{f}{0,50}$
powyżej 6,00 do 300,00	40	powyżej 3,00 do 30,00	44
		powyżej 30,00 do 300,00	40

1.9. Układ zasilania elektrycznego powinien umożliwiać jego kontrolę.

Uwaga. Wykaz kontrolowanych parametrów i aparatury kontrolnej ustala się przy opracowywaniu konkretnych typów układów zasilania elektrycznego.

1.10. Trójfazowe układy zasilania elektrycznego powinny mieć następujące oznaczenia faz: A, B, C. Napięcia w fazach powinny osiągać wartości maksymalne (amplitudowe) w kolejności: A, B, C. Zaciski źródeł energii elektrycznej powinny być oznaczone zgodnie z kolejnością następowania faz.

1.11. Konstrukcja sterowania i zabezpieczenia źródeł, ich aparatury regulacyjno-zabezpieczającej, elementów układu rozdzielu energii elektrycznej i odbiorników powinna być taka, aby uszkodzenie dowolnego źródła, jego aparatury regulacyjno-zabezpieczającej, elementu układu rozdzielu lub odbiornika i ich odłączenia od układu nie mogły spowodować odchylenia parametrów energii elektrycznej na elementach układu rozdzielu, nie połączonych bezpośrednio z uszkodzonym źródłem, jego aparaturą regulacyjno-zabezpieczającą lub elementem układu rozdzielu, poza granice określone w niniejszej normie.

1.12. Wymagania dotyczące jakości energii elektrycznej, określone w niniejszej normie odnoszą się do energii elektrycznej na wejściowych zaciskach odbiornika.

Dla punktów regulacji określa się tylko wartości napięcia w stanie ustalonym.

1.13. Terminy i definicje podano w załączniku 1.

nowym napięciu 115/200 V i częstotliwością znamionową 400 Hz. Punkty zerowe uzwojeń źródeł energii elektrycznej powinny być połączone z kadłubem samolotu (śmigłowca), który jest wykorzystywany jako czwarty przewód (przewód zerowy) w układzie rozdzielu energii elektrycznej.

2.1.2. Podstawowymi parametrami energii elektrycznej są parametry fazy, zaś parametry linii określa się na podstawie ustalonych parametrów faz.

2.1.3. Odbiorniki jednofazowe powinny być przyłączane do każdej z faz trójfazowego układu zasilającego tak, aby różnica obciążeń najbardziej i najmniej obciążonych faz nie przekraczała:

1) przy normalnej lub częściowej pracy — 5% znamionowej mocy kanału lub 15% mocy jednej fazy źródła zasilania,

2) przy pracy awaryjnej — 10% znamionowej mocy kanału lub 30% mocy jednej fazy źródła zasilania.

Uwaga. Na samolotach o maksymalnej masie do startu do 5700 kg dopuszcza się różnicę obciążeń najbardziej i najmniej obciążonych faz nie większą od 10% znamionowej mocy kanału przy pracy normalnej lub częściowej.

2.1.4. Kąt przesunięcia między wektorami napięć do wolnych sąsiadnych faz przy normalnej lub częściowej pracy układu powinien mieścić się w granicach 116 do 124°.

2.1.5. Wartości napięcia w stanie ustalonym powinny odpowiadać podanym w tabl. 2, przy czym wartości częstotliwości powinny odpowiadać podanym w 2.1.13, a asymetria obciążeń — w 2.1.3.

Tablica 2

Punkt pomiaru	Napięcie dowolnej fazy V			Średnie napięcie trzech faz V		
	przy pracy układu					
	normalnej lub częściowej	nienormalnej	awaryjnej	normalnej lub częściowej	nienormalnej	awaryjnej
Zaciski odbiorników	od 108 do 119	od 97 do 134	od 102 do 124	—	—	—
Punkt regulacji	—	—	—	od 115 do 119	od 101 do 132	od 110 do 122

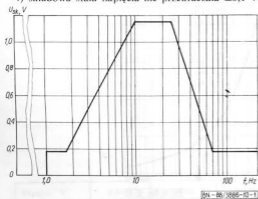
2.1.6. Asymetria napięć przy asymetrii obciążeń faz (2.1.3) dla normalnej i częściowej pracy układu zasilania elektrycznego nie powinna przekraczać 3 V. Przy zasilaniu z awaryjnego źródła energii elektrycznej, asymetria nie powinna przekraczać 4 V.

W układach zasilania elektrycznego samolotów z maksymalną masą do startu do 5700 kg i śmigłowców o dowolnej masie przy normalnej lub częściowej pracy i nierównomierności obciążeń faz powyżej 5% mocy układu, asymetria napięć nie powinna przekraczać 4 V.

2.1.7. Współczynnik modulacji amplitudy napięcia w stanie ustalonym przy obciążeniu impulsowo-okresowym, dla którego wartość amplitudy prądu w impulsie jest równa 7% znamionowej amplitudy prądu kanału, nie powinien przekraczać 1%. Składowe częstotliwości obwiedni krzywej modulacji amplitudy napięcia powinny mieścić się w granicach przedstawionych na rys. 1 i w tabl. 3.

2.1.8. Kształt krzywej napięcia przy pracy w stanie ustalonym powinien być taki, że przy trójfazowym dwupółłukowym transformatorowo-prostownikowym obciążeniu, równym 25% mocy kanału (źródła):

- 1) współczynnik zniekształcenia sinusoidalności napięcia nie przekraczał 8%.
- 2) wartość skuteczna dowolnej wyższej harmonicznej nie przekraczała 5% wartości skutecznej pierwszej harmonicznej napięcia.
- 3) współczynnik amplitudy napięcia mieścił się w granicach $1,41 \pm 0,15$.
- 4) składowa stała napięcia nie przekraczała $\pm 0,1$ V.



Rys. 1. Granice wartości składowych częstotliwościowych obwiedni modulacji napięcia

Tablica 3

Napięcie, V	Od 0 do 0,18	0,18	1,15	1,15	0,18	0,18
Częstotliwość Hz	1,0	1,7	10,0	25,0	70,0	200,0

2.1.9. Impulsy napięcia powstające przy odłączeniach odbiorników energii elektrycznej, wchodzące na szynę zasilającą układu i nakładające się na jego napięcie, powinny mieścić się w granicach ± 70 V (wartość szczytowa), przy czasie trwania od 0,05 do 5 μ s.

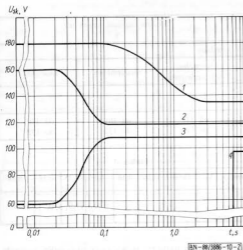
2.1.10. Przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego i nagłych zmianach obciążenia od 10 do 160% mocy układu i odwrotnie (od 160 do 10%), wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego powinny mieścić się w granicach 2 i 3 przedstawionych na rys. 2 i w tabl. 4.

Przekształcanie napięć w stanach przejściowych na równoważne funkcje skokowe podano w załączniku 2.

2.1.11. Przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego, napięcie może zmieniać się do dopuszczalnych wartości napięcia w stanie ustalonym do zera w czasie nie dłuższym niż 80 ms, po czym wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego przy przywróceniu zasilania powinny mieścić się w granicach 2 i 3 przedstawionych na rys. 2 i w tabl. 4.

Tablica 4

Czas s	Napięcie dla zakresów, V			
	1	2	3	4
0,01	180	160	58	0
0,02		139	86	
0,05				
0,10	119	108	108	
0,20				175
0,50				162
1,00				148
3,00	134			
7,00				od 0 do 97



Rys. 2. Granice 1 ÷ 4 wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego dla prądu przemiennego

2.1.12. Przy nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego, wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego powinny mieścić się w granicach 1 i 4, określonych na rys. 2 i w tabl. 4.

Zakresy te nie dotyczą pracy awaryjnej układu zasilania elektrycznego.

2.1.13. Ustalona częstotliwość prądu przemiennego przy pracy normalnej lub częściowej powinna wynosić od 380 do 420 Hz, zaś przy pracy awaryjnej od 360 do 440 Hz.

2.1.14. Szybkość zmian częstotliwości z powodu jej przesunięcia w granicach zakresu częstotliwości ustalonego stanu pracy, nie powinna przekraczać 15 Hz/min.

2.1.15. Współczynnik modulacji częstotliwości (tj. zmiana częstotliwości spowodowanej jej modulacją) przy pracy układu zasilania elektrycznego w stanie ustalonym, określony jako wartość średnia w czasie 1 min,

nie powinien przekraczać 1% częstotliwości znamionowej.

Składowe częstotliwościowe obwiedni modulacji częstotliwości powinny mieścić się w granicach określonych na rys. 3.

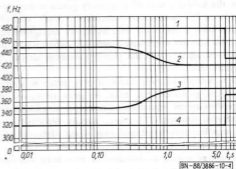
2.1.16. Przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego i nagłych zmianach obciążenia od 10 do 160% mocy układu i odwrotnie, wartości częstotliwości przejściowej powinny mieścić się w granicach 2 i 3, określonych na rys. 4 i w tabl. 5.

W przypadkach technicznie uzasadnionych przy ustalonej pracy silnika na ziemi w warunkach małego gazu, przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego, stany przejściowe powinny mieścić się w granicach 2 i 3, określonych na rys. 4:

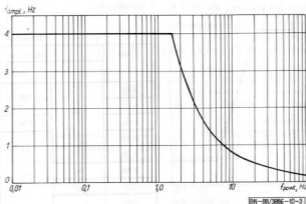
1) dla napędów pneumatycznych o stałej prędkości obrotowej przy zmianach obciążenia od 0,05 do 1,05 mocy znamionowej.

2) dla napędów hydraulicznych (łopatkowych) przy zmianach obciążenia nie mniejszych niż 0,5 mocy znamionowej.

2.1.17. Przy nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego, wartości częstotliwości przejściowej powinny mieścić się w granicach 1 i 4, określonych na rys. 4 i w tabl. 5.



Rys. 4. Granice 1 ÷ 4 wartości częstotliwości przejściowej



Rys. 3. Granice wartości składowych częstotliwościowych modulacji częstotliwości

Tablica 5

Czas s	Częstotliwość dla zakresów, Hz			
	1	2	3	4
0,01	480	450	350	320
0,10				
0,15		446	354	
0,30				
0,50		438	362	
2,00		420	380	
5,00				
7,00	od 480 do 430			od 320 do 370

Przy zmianie częstotliwości od 360 Hz w stronę jej zmniejszenia, stosunek częstotliwości do napięcia (f/u) nie powinien być mniejszy od 2,7.

Wymagania te i granice nie odnoszą się do awaryjnej pracy układu zasilania elektrycznego.

2.1.18. Przy nienormalnej pracy jednego z oddzielnie pracujących kanałów układu zasilania elektrycznego, zabezpieczenie odpowiedniego kanału powinno wysyłać sygnał odłączający kanał rozdziału energii elektrycznej od niesprawnego źródła i podłączający go do sprawnego źródła w ciągu nie więcej niż 7 s (jeżeli takie podłączenie jest przewidziane). W przypadkach technicznie uzasadnionych przy nienormalnej pracy układu za-

silania elektrycznego, przełączenie poszczególnych odbiorników lub ich grup powinno być przeprowadzone w ciągu nie więcej niż 1 s, przez zastosowanie specjalnych aparatów w układzie rozdziału energii elektrycznej i wydzielenie przełączanych sekcji szyn.

2.1.19. Dopuszcza się zmianę (ręcznie) ustalonej wartości średniej napięcia trzech faz w punktach regulacji, przez ustawienie regulatorów napięcia w granicach od 119 do 115 V.

2.2. Wymagania dotyczące układu zasilania prądem stałym

2.2.1. Układ zasilania prądu stałego powinien być jedнопроводовый o napięciu znamionowym 27 V. Ujemny biegun źródła energii elektrycznej powinien być połączony z kadłubem samolotu (śmigłowca), który wykorzystuje się jako przewód powrotny w układzie rozdziału energii elektrycznej.

2.2.2. Napięcie w stanie ustalonym powinno przyjmować wartości podane w tabl. 6.

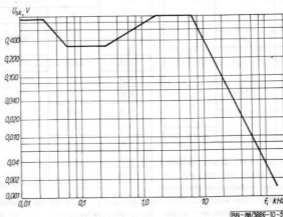
Uwaga. Napięcie w punkcie podłączenia urządzenia prostowniczego może być zmienione przez nastawienie, w przedziale nie większym od $\pm 0,5$ V.

2.2.3. Współczynnik pulsacji napięcia stałego nie powinien przekraczać 7,4% wartości znamionowej.

Składowe częstotliwościowe pulsacji napięcia powinny mieścić się w granicach przedstawionych na rys. 5 i w tabl. 7.

Tablica 6

Punkt pomiarowy	Napięcie przy pracy układu, V		
	normalnej lub częściowej	nienormalnej	awaryjnej
Zaciski odbiornika	od 24,0 do 29,4	od 21,0 do 33,0	od 18,0 do 31,0
Punkt regulacji w układzie z regulowanym źródłem	od 27,0 do 29,0	od 24,0 do 33,0	od 20,0 do 29,0
Punkt podłączenia nieregulowanego urządzenia prostowniczego	od 25,4 do 29,4	od 21,0 do 33,0	od 20,0 do 31,0



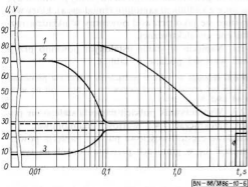
Rys. 5. Granice wartości składowych częstotliwościowych pulsacji napięcia stałego 27 V

Tablica 7

Napięcie, V	0,9000	0,9000	0,3200	0,3200	1,000	1,000	0,0015
Częstotliwość, Hz	0,010	0,025	0,060	0,250	1,700	6,500	150,000

2.2.4. Impulsy napięcia powstające przy odłączeniach odbiorników energii elektrycznej, idące na szynę zasilającą układ i nakładające się na jej napięcie, nie powinny przekraczać ± 50 V przy czasie trwania od 0,05 do 5 μ s.

2.2.5. Przy normalnej i częściowej pracy układu zasilania elektrycznego, zasilanego z prądnic prądu stałego i przy nagłych zmianach obciążenia od 10 do 160% mocy układu i odwrotnie, wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego powinny mieścić się w granicach 2 i 3, przedstawionych na rys. 6 i w tabl. 8.



Rys. 6. Granice 1 ÷ 4 wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego dla prądu stałego w układach zasilanych z prądnic

Tablica 8

Czas s	Napięcie dla zakresów, V					
	1	2	3	4		
0,01	80	70	8	0		
0,02		57	12			
0,05					38	20
0,08						
0,10	78	29,4	24,0			
0,20	73					
0,50	62					
1,00	49					
3,00	33					
7,00				od 0 do 21		

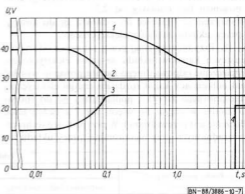
2.2.6. Przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego, napięcie może się zmienić od dopuszczalnych wartości w stanie ustalonym do zera w ciągu nie więcej niż 80 ms, po czym wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego przy przywróceniu zasilania powinny mieścić się w granicach 2 i 3, określonych na rys. 6 i w tabl. 8.

2.2.7. Przy nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego zasilanego z prądnic prądu stałego, wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego powinny mieścić się w granicach 1 i 4 określonych

na rys. 6 i w tabl. 8. Zakresy te nie odnoszą się do pracy awaryjnej układu zasilania elektrycznego.

2.2.8. Przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego, zasilanego z urządzeń prostowniczych, napięcie może zmieniać się od dopuszczalnych wartości w stanie ustalonym do zera w ciągu nie więcej niż 80 ms, po czym wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego, przy przywróceniu zasilania, powinny mieścić się w granicach 2 i 3, określonych na rys. 7 i w tabl. 9.

2.2.9. Przy nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego zasilanego z urządzeń prostowniczych, wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego powinny mieścić się w granicach 1 i 4, określonych na rys. 7 i w tabl. 9.



Rys. 7. Granice wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia dla prądu stałego w układach zasilania poprzez urządzenia prostownicze z prądnic prądu przemiennego o stałej częstotliwości

Tablica 9

Czas s	Napięcie dla zakresów, V					
	1	2	3	4		
0,01	45,0	40,0	13,0	0		
0,02						
0,05		37,00	17,0			
0,08					31,00	22,5
0,10						
0,20		44,0	29,4		24,0	
0,50		40,5				
1,00	37,0					
3,00	33,0					
7,00						od 0 do 21

Granice te nie dotyczą awaryjnej pracy układu zasilania elektrycznego.

2.2.10. Przy rozruchach silników lotniczych i silników pomocniczych zespołów zasilających z naziemnych lub pokładowych źródeł energii elektrycznej, napięcie na szynach rozdzielczych układu zasilania elektrycznego może obniżyć się w stosunku do dopuszczalnych zakresów dla pracy normalnej i awaryjnej. Wartości

i czasy dopuszczalnych spadków napięcia, a także charakterystyki, zdolność do pracy i warunki eksploatacji odbiorników, które powinny pracować lub pozostawać włączonymi w czasie rozruchu silnika lotniczego lub silnika pomocniczego, powinny odpowiadać wartościom określonym w normach dotyczących konkretnych typów odbiorników energii elektrycznej.

2.2.11. Przy nienormalnej pracy jednego z oddzielnie pracujących kanałów układu zasilania elektrycznego, zabezpieczenie odpowiedniego kanału powinno wydać sygnał przełączający kanał rozdzielu energii elektrycznej od niesprawnego źródła i podłączenie go do sprawnego źródła w ciągu nie więcej niż 7 s (jeżeli takie podłączenie jest przewidziane). W razie konieczności ciągłość zasilania odbiornika prądem stałym powinna być zapewniona przez utworzenie w układzie dwóch pracujących niezależnie kanałów lub dwóch niezależnych elektrycznych źródeł i możliwości zasilania odbiornika jednocześnie z obu kanałów bez elektrycznego połączenia ich wewnątrz odbiornika.

2.3. Wymagania dotyczące wtórnego układu zasilania jednofazowym prądem przemiennym o stałej częstotliwości

2.3.1. Układ zasilania jednofazowym prądem przemiennym o stałej częstotliwości powinien być jednoprzewodowy o znamionowym napięciu 115 V i częstotliwości 400 Hz. Jeden z zacisków źródła energii elektrycznej powinien być połączony z korpusem samolotu (śmigłowca), który jest wykorzystany jako przewód powrotny w układzie rozdzielu energii elektrycznej.

2.3.2. Układ zasilania jednofazowym prądem przemiennym o stałej częstotliwości powinien odpowiadać wymaganiom wg 2.1.7 ÷ 2.1.17.

2.3.3. Napięcie w stanie ustalonym powinno odpowiadać wartościom podanym w tabl. 10.

Tablica 10

Punkt pomiarowy	Napięcie przy pracy układu, V		
	normalnej lub częściowej	nienormalnej	awaryjnej
Zaciski odbiornika	od 108 do 119	od 97 do 134	od 102 do 124
Punkt regulacji	od 115 do 119	od 101 do 134	od 110 do 122

2.4. Wymagania dotyczące układu zasilania trójfazowym prądem przemiennym o zmiennej częstotliwości

2.4.1. Układ zasilania trójfazowym prądem przemiennym o zmiennej częstotliwości powinien być trójprzewodowy z fazami połączonymi w gwiazdę, o napięciu znamionowym 115/200 V i częstotliwości nie wychodzącej poza zakres od 320 do 1050 Hz.

Punkty zerowe uzwojeń źródeł energii elektrycznej powinny być połączone z korpusem samolotu (śmigłowca), który jest wykorzystywany jako czwarty przewód — zerowy, w układzie rozdzielu energii elektrycznej.

2.4.2. Układ zasilania trójfazowym prądem przemiennym o zmiennej częstotliwości powinien odpowiadać wymaganiom wg 2.1.2 ÷ 2.1.9, 2.1.18 i 2.1.19.

2.4.3. Wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego przy częstotliwościach od 320 do 420 Hz powinny odpowiadać wymaganiom wg 2.1.10 ÷ 2.1.12.

2.4.4. Górne granice wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego, przy częstotliwościach przekraczających 420 Hz, powinny być równe wartościom górnych granic 1 i 2, określonych w 2.1.10 ÷ 2.1.12, pomnożonych przez stosunek $f/420$. Dolne granice wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego przy częstotliwościach poniżej 380 Hz, powinny być równe wartościom dolnych granic 3 i 4 określonych w 2.1.10 ÷ 2.1.12.

Impulsy napięcia powstające przy odłączeniach odbiorników energii elektrycznej przy częstotliwościach spoza zakresu 380 ÷ 420 Hz powinny odpowiadać wymaganiom określonym w 2.1.9.

2.5. Wymagania dotyczące specjalnych wtórnych układów zasilania elektrycznego

2.5.1. Specjalne wtórne układy zasilania elektrycznego powinny być wykonane jako układy jednofazowego prądu przemiennego o stałej częstotliwości, znamionowym napięciu 27 i 6 V i znamionowej częstotliwości 400 Hz.

2.5.2. Wtórne specjalne układy zasilania elektrycznego powinny być stosowane do zasilania odbiorników wchodzących w skład urządzeń oświetleniowych. Maksymalne odchylenia napięcia w stanie ustalonym w układach, nie powinno przekraczać $\pm 10\%$ napięcia znamionowego.

2.5.3. Wtórne specjalne układy zasilania elektrycznego powinny odpowiadać wymaganiom wg 2.1.7 ÷ 2.1.9; 2.1.11 i 2.1.13 ÷ 2.1.17. Dopuszczalne wartości równoważnych funkcji skokowych napięć przejściowych powinny odpowiadać granicom określonym w 2.1.10 i 2.1.12, pomnożonym w zależności od znamionowej wartości napięcia układu przez stosunek 27/115 lub 6/115.

3. PODSTAWOWE WYMAGANIA DOTYCZĄCE ODBIORNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ

3.1. Ze względu na przeznaczenie, odbiorniki energii elektrycznej dzieli się na trzy kategorie:

- 1 — dla zapewnienia zakończenia lotu i bezpiecznego lądowania,
- 2 — dla bezpiecznego kontynuowania lotu, wykonania zadania i lądowania,
- 3 — odbiorniki, których awaria nie wpływa na bezpieczeństwo lotu.

Przy awarii źródeł pierwotnych zasilanie elektryczne odbiorników pierwszej kategorii powinno się odbywać ze źródeł awaryjnych:

- 1) na samolotach, nie wyposażonych w pomocniczy zespół zasilający lub w prądnicę napędzaną turbiną wprawianą w ruch strumieniem powietrza — do momentu zakończenia lotu i bezpiecznego lądowania,
- 2) na samolotach, wyposażonych w pomocniczy zespół zasilający lub prądnicę napędzaną turbiną wpra-

wianą w ruch strumieniem powietrza — w czasie bezpiecznego zejścia do wysokości rozruchu pomocniczego zespołu zasilającego (turbiny) i w czasie jego rozruchu.

3.2. Przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego odbiorniki energii elektrycznej powinny zachowywać swoje charakterystyki wyjściowe, jeżeli jakość energii elektrycznej na ich zaciskach wejściowych odpowiada wymaganiom niniejszej normy.

W przypadkach technicznie uzasadnionych odbiornik może przerwać swoją pracę na czas przerwy w zasilaniu i stanu przejściowego przy normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego (przełączenie szyn) bez zdjęcia sygnału sprawności.

3.3. Przy nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego:

1) charakterystyki wyjściowe odbiorników energii elektrycznej 1 i 2 kategorii powinny odpowiadać wymaganiom na te odbiorniki dla warunków zasilania elektrycznego przy nienormalnej pracy układu,

2) dopuszcza się przerwę w pracy odbiorników 3 i 2 kategorii w czasie nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego, oprócz odbiorników, dla których jest przewidziana praca w tych warunkach, ale nie powinno to wpływać na ich charakterystyki wyjściowe przy dalszej pracy w warunkach normalnego zasilania,

3) odbiorniki wszystkich kategorii po powrocie do normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego powinny automatycznie i całkowicie przywrócić swoje charakterystyki (z wyjątkiem przypadków, kiedy jest przewidziany ręczny powrót do stanu roboczego odbiornika),

4) odbiorniki wszystkich kategorii nie powinny być źródłem sytuacji awaryjnych lub niebezpiecznych warunków pracy układów i zespołów samolotu (śmigłowca).

3.4. Przy awaryjnej pracy układu zasilania elektrycznego i zasilaniu odbiorników ze źródła awaryjnego powinny być spełnione następujące wymagania:

1) odbiorniki energii elektrycznej 1 i 2 kategorii, dla których taka praca jest przewidziana, powinny utrzymać swoje charakterystyki, odpowiadające tym warunkom,

2) po przywróceniu normalnych parametrów zasilania elektrycznego, odbiorniki wszystkich kategorii powinny całkowicie przywrócić swoje charakterystyki,

3) odbiorniki wszystkich kategorii nie powinny być źródłem awaryjnych sytuacji lub niebezpiecznych warunków pracy zespołów i urządzeń samolotu (śmigłowca).

3.5. Odbiorniki energii elektrycznej nie powinny wykazywać odchylenia parametrów energii elektrycznej na zaciskach wejściowych, wychodzącego poza zakres określony w niniejszej normie. Zmiana obciążenia odbiorników nie powinna wywoływać w układzie zasilania

elektrycznego modulacji, pulsacji, zniekształcenia sinusoidy napięcia, a także napięć przejściowych poza granice, określone w 2.1.7, 2.1.8, 2.1.10, 2.1.15, 2.1.16, 2.2.3 i 2.2.5.

3.6. Odbiorniki energii elektrycznej prądu przemiennego o mocy ponad $50 \text{ V} \cdot \text{A}$ nie powinny mieć układów zasilania z jednopółokwowy prostowaniem. Współczynnik zniekształcenia pobieranego prądu dla odbiorników o mocy $500 \text{ V} \cdot \text{A}$ i więcej nie powinien przekraczać 35%. Składowa stała prądu odbiornika energii elektrycznej prądu przemiennego nie powinna przekraczać 0,5% jego wartości znamionowej.

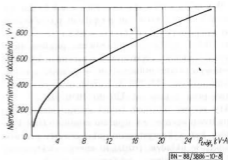
3.7. Odbiorniki energii elektrycznej nie powinny być impulsowo-okresowym obciążeniem, którego amplituda w pierwotnym układzie zasilania elektrycznego przekracza 2 A.

Stosowanie odbiorników charakteryzujących się impulsowo-okresowym obciążeniem dużej mocy powinno odpowiadać układowi zasilania elektrycznego samolotu (śmigłowca) co do parametrów jakościowych energii elektrycznej.

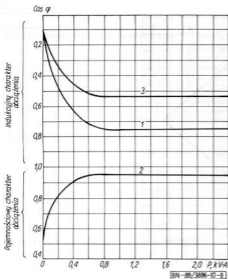
3.8. Odbiorniki energii elektrycznej prądu przemiennego o mocy $500 \text{ V} \cdot \text{A}$ i więcej należy projektować na podstawie trójfazowego zasilania, z wyjątkiem lamp — reflektorów, dla których dopuszcza się pobór jednofazowego prądu przemiennego o mocy do $1200 \text{ V} \cdot \text{A}$.

3.9. Mocy i współczynniki mocy poszczególnych faz trójfazowego odbiornika energii elektrycznej powinny być sobie bliskie co do wartości.

Różnica między maksymalną i minimalną mocą faz powinna być mniejsza od wartości przedstawionych na rys. 8 i w tabl. 11, a najmniejsza wartość współczynnika mocy w każdej fazie nie mniejsza od wartości granic 1 i 2 przedstawionych na rys. 9. W przypadkach technicznie uzasadnionych dopuszcza się stosowanie silników asynchronicznych, których minimalne wartości współczynników mocy powinny być nie mniejsze niż wartości granicy 3 na rys. 9.



Rys. 8. Granice nierównomierności obciążenia różnych faz odbiorników



Rys. 9. Granice 1÷3 wartości współczynnika mocy odbiorników

Tabela 11

Nierównomierność obciążenia $V \cdot A$	100	200	400	500	650	825	900	950	1000
Moc trójfazowa $kV \cdot A$	0,5	1,0	4,0	7,0	12,0	20,0	24,0	27,0	30,0

3.10. Moc pobierana przez różne odbiorniki energii elektrycznej tego samego typu, nie może się różnić od wartości znamionowej więcej niż o 10%.

Wymaganie to nie odnosi się do odbiorników, których moc znamionowa jest mniejsza od $50 V \cdot A$ lub $50 W$.

3.11. Odbiornik nie powinien wpływać na pracę innych odbiorników lub być przyczyną powstania sytuacji awaryjnej na samolocie (śmigłowcu) przy awarii jednej lub więcej faz zasilania trójfazowego lub jednego z rodzajów zasilania elektrycznego przy poborze przez odbiornik jednocześnie prądu stałego i przemiennego i charakterystyki takiego odbiornika powinny powrócić do stanu normalnego po przywróceniu normalnego zasilania elektrycznego.

3.12. Odbiorniki powinny wykorzystywać jeden rodzaj energii elektrycznej. W przypadkach, kiedy jest wymagane zasilanie jednocześnie prądem stałym i przemiennym, przy mocy prądu stałego nie przekraczającej $150 W$, zasilanie obwodów prądu stałego powinno być realizowane poprzez wbudowany w odbiornik prostownik, dołączony do układu zasilania prądu przemiennego o napięciu 115/200 lub $115 V$.

Uwaga. W przypadkach technicznie uzasadnionych dopuszcza się jednocześnie zasilanie odbiorników z pokładowych sieci prądu stałego i przemiennego. Odbiorniki powinny przy tym zachować żądane charakterystyki przy dowolnych kombinacjach zmian charakterystyk

energii elektrycznej prądu stałego i przemiennego w warunkach normalnej lub częściowej pracy układu zasilania elektrycznego (i niornormalnej pracy układu zasilania elektrycznego, jeżeli jest to wymagane).

3.13. Wytwarzanie lub przetwarzanie energii elektrycznej dla zapewnienia mniejszych tolerancji powinno być realizowane przez urządzenie, opracowywane przez konstruktora odbiornika, jeżeli dla normalnej pracy odbiornika jest wymagana energia elektryczna o innych parametrach lub z mniejszymi tolerancjami, niż jest to określone w niniejszej normie.

3.14. Odbiornik energii elektrycznej powodujący w układzie lub kanale zasilania elektrycznego pogorszenie jakości energii elektrycznej, wychodzące poza dopuszczalny zakres określony w niniejszej normie i zasilany ze specjalnego źródła lub specjalnie dla niego wydzielonego kanału, powinien zapewniać utrzymanie swoich charakterystyk wyjściowych przy odpowiedniej w danym przypadku jakości energii elektrycznej.

3.15. Wewnątrz odbiornika energii elektrycznej z wielostronnym zasilaniem nie dopuszcza się połączenia elektrycznego niezależnych układów (kanałów) zasilania elektrycznego. Przy zasilaniu odbiornika energii elektrycznej z dwóch lub więcej niezależnych układów

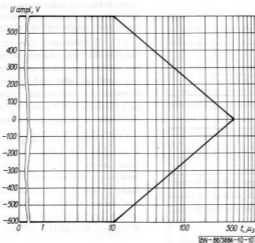
(kanałów) zasilania elektrycznego nie jest wymagana jego normalna praca, przy jednoczesnej przerwie zasilania we wszystkich układach (kanałach).

3.16. Dla odbiorników energii elektrycznej, których charakterystyki wyjściowe zmieniają się przy zmianie jakości zasilania elektrycznego, powinna być określona czułość odbiornika na zmiany zasilania w postaci stosunku zmiany jego charakterystyk wyjściowych (w procentach lub jednostkach względnych) do powodujących je zmian parametrów jakościowych zasilania (w procentach lub jednostkach względnych).

3.17. Impulsy napięcia, powstające w momencie rozłączenia układu na stykach urządzeń komutacyjnych ze strony wyłączonych odbiorników energii elektrycznej, nie powinny wychodzić poza granice określone na rys. 10.

Impedancja wewnętrzna odbiornika generującego impulsy napięcia powinna być nie mniejsza niż 50Ω .

3.18. Zalecenia dotyczące badań odbiorników energii elektrycznej na zgodność z wymaganiami niniejszej normy przy pracy w stanach ustalonych i stanach przejściowych w układzie zasilania elektrycznego podano w załączniku 3.



Rys. 10. Obwiednia impulsów napięcia dla odbiorników prądu stałego i prądu przemiennego

ZAŁĄCZNIK I

TERMINY I DEFINICJE

Termin	Definicja
1. Układ zasilania elektrycznego samolotu (śmigłowca)	Zespół układów wytwarzania lub przetwarzania i rozdziału energii elektrycznej na samolocie (śmigłowcu) Uwaga. W układzie zasilania elektrycznego może być kilka kanałów (w zależności od liczby źródeł lub przetwornic jednego typu energii), które mogą pracować równolegle (przy połączeniu elektrycznym obwodów mocy między sobą) lub oddzielnie (bez połączenia elektrycznego)
2. Kanał układu zasilania elektrycznego	Część układu, zawierająca źródło energii elektrycznej i akumulatory dla kanału prądu stałego, aparaturę dla jego sterowania regulacji i zabezpieczenia, część układu rozdziału energii elektrycznej, związaną ze źródłem przy oddzielnej pracy źródeł
3. Układ wytwarzania lub przetwarzania energii elektrycznej	Zespół źródeł lub przetwornic energii elektrycznej (prądnic), urządzeń przetwarzania rodzaju prądu i wartości napięć, akumulatorów, urządzeń do stabilizacji ich napięć i częstotliwości, urządzeń pracy równoległej, zabezpieczenia, sterowania i kontroli, które zapewniają wytwarzanie energii elektrycznej i utrzymanie jej parametrów w zadanych granicach w punktach regulacji przy wszystkich warunkach pracy układu
4. Układ rozdziału energii elektrycznej	Zespół urządzeń przesyłających energię elektryczną z układu wytwarzania do urządzeń rozdzielczych i z urządzeń rozdzielczych do odbiorników Uwaga. Układ rozdziału energii elektrycznej zapewnia na zaciskach odbiorników parametry energii elektrycznej w zadanych granicach (jeżeli w punktach regulacji znajdują się one w granicach, zadanych dla układu wytwarzania, wykonanie niezbędnych przełączeń, rezerwowanie zasilania elektrycznego odbiorników i zabezpieczenie przed uszkodzeniem układu rozdziału
5. Pierwotny układ zasilania elektrycznego	Układ, którego prądnicę są napędzane silnikami głównymi samolotu, przekładnią wirnika nośnego śmigłowca lub silnikiem pomocniczego zespołu zasilania
6. Wtórny układ zasilania elektrycznego	Układ zasilany przez urządzenia przetwarzające z układu pierwotnego
7. Odbiornik energii elektrycznej	Układ, urządzenie, oddzielny blok, dla którego pracy jest niezbędna energia elektryczna
8. Moc układu zasilania elektrycznego	Suma mocy znamionowych jego źródeł, wytwarzających energię elektryczną jednego rodzaju

cd. tablicy

Termin	Definicja
9. Praca normalna układu zasilania elektrycznego	<p>Rodzaj pracy, przy którym normalnie funkcjonują elementy układu zasilania elektrycznego, zapewniające zasilanie wszystkich odbiorników i są przeprowadzane operacje, niezbędne dla wykonania lotu na wszystkich jego etapach</p> <p>Uwaga. Przykładami wykonywanych przy tym operacji są włączenie i wyłączenie odbiorników, zmiana obrotów silników, przełączenie i synchronizacja, szyn, włączenie prądu na pracę równoległą.</p> <p>Takie operacje mogą być wykonywane w dowolnym momencie przy przygotowaniu samolotu do lotu, przy starcie, w locie, przy lądowaniu i kolowaniu, bez ograniczenia ilości operacji</p>
10. Praca częściowa układu zasilania elektrycznego	<p>Rodzaj pracy w czasie lotu, przy którym układ zasilania elektrycznego nie jest w stanie oddawać niezbędnej mocy, wskutek czego następuje odłączenie części odbiorników energii elektrycznej i jest kontynuowane zasilanie pozostałych odbiorników z pozostałych sprawnych źródeł energii elektrycznej, zainstalowanych na silnikach głównych i/lub silniku pomocniczego zespołu zasilania</p>
11. Praca awaryjna układu zasilania elektrycznego	<p>Rodzaj pracy w czasie lotu, powstający przy awarii lub odłączeniu pierwotnych źródeł energii elektrycznej zainstalowanych na silnikach głównych i pomocniczego zespołu zasilania, wskutek czego następuje przejście na zasilanie z awaryjnych źródeł energii elektrycznej</p>
12. Nienormalna praca układu zasilania elektrycznego	<p>Rodzaj pracy, który powstaje wskutek nagłej utraty lub pogorszenia sterowania tym układem</p> <p>Uwaga. Praca nienormalna — rzadkie przypadkowe zjawisko, powstające wskutek awarii części źródeł energii elektrycznej lub aparatury sterującej czy zwarcia w układzie.</p> <p>Takie warunki pracy mogą powstać w czasie lotu lub w czasie przygotowania lub nie powstać w ogóle w ciągu całego okresu eksploatacji samolotu. Krótkotrwała praca nienormalna kończy się po przywróceniu normalnej pracy, przejściu na pracę awaryjną lub długotrwałą pracę nienormalną</p>
13. Ustalony stan pracy układu zasilania	<p>Rodzaj pracy, przy którym parametry energii elektrycznej zmieniają się nieznacznie w ciągu dowolnie długiego odcinka czasu</p> <p>Uwaga. Ustalony stan pracy układu ma miejsce w stałym obciążeniu lub w przypadku płynnych, skokowych i impulsowo-okresowych obciążeni, dla których wartość amplitudy prądu w impulsie jest równa 7% znamionowej amplitudy prądu kanału (układu) przy zmianie prędkości obrotowej silników lotniczych nie więcej niż o 1% w ciągu 1 s lub oscylacjach tej częstotliwości w granicach nie więcej niż o 0,2% wartości znamionowej z okresem ponad 0,33 s</p>
14. Normalne długotrwałe obciążenie	<p>Obciążenie, mające charakter indukcyjny i mieszczące się w granicach od 10 do 100% mocy kanału przy współczynniku mocy $0,8 \div 1,0$ lub 10 do 30% mocy kanału przy współczynniku mocy $0,5 \div 1,0$ przy czasie trwania obciążenia większym od czasu, w ciągu którego zainstalowane na danym samolocie (śmigłowcu) źródła dopuszczają 1,5-krotne przeciążenie</p>
15. Normalne krótkotrwałe obciążenie	<p>Obciążenie, mające charakter indukcyjny i mieszczące się w zakresie od 100 do 150% mocy kanału przy współczynniku mocy $0,8 \div 1,0$ przy czasie trwania obciążenia równym lub mniejszym od czasu, w ciągu którego zainstalowane na danym samolocie (śmigłowcu) źródła dopuszczają 1,5-krotne przeciążenie</p>
16. Impulsowo-okresowe obciążenie	<p>Obciążenie okresowo zmieniające się płynnie lub skokowo co równe odcinki czasu z częstotliwością od 1 do 400 Hz i współczynnikiem wypełnienia większym od 1</p>
17. Impuls napięcia	<p>Zmiana napięcia w stosunku do wartości ustalonej lub jego odchylenia przejściowego, powstająca w obwodach odbiorników przy odłączeniu odbiorników mających indukcyjny charakter obciążenia</p> <p>Uwaga. Impuls napięcia, wytwarzany przez odłączony odbiornik, może mieć charakter oscylacyjny z bardzo wysoką częstotliwością, dużą amplitudą i składać się z szeregu impulsów w rozwartym obwodzie obciążenia</p>
18. Równoważne funkcje skokowe napięcia przejściowego	<p>Pojedyncze prostokątne impulsy napięcia stałego i pojedyncze zbiory krzywych sinusoidalnych napięcia przemiennego z prostokątnymi obwiedniami, które pod względem swego pola (wyrażonego w woltosekundach), ograniczonego prostokątnymi obwiedniami i osiami współrzędnych, są równoważne oddziaływaniu na odbiorniki napięć przejściowych ze złożonymi kształtami krzywych przy prądzie stałym i obwiedni przy prądzie przemiennym</p>
19. Odchylenie napięcia	<p>Wielkość, równa różnicy między rzeczywistą i zadaną wartością napięcia, wyrażona w jednostkach bezwzględnych lub w procentach wartości znamionowej</p>
20. Ustalone odchylenie napięcia	<p>Odchylenie napięcia w stanie ustalonym</p>
21. Współczynnik modulacji częstotliwości	<p>Wielkość, równa stosunkowi połowy różnicy największej i najmniejszej wartości chwilowej częstotliwości do jej wartości znamionowej</p>

cd. tablicy

Termin	Definicja
22. Przesunięcie częstotliwości	Powolna przypadkowa zmiana regulowanego poziomu częstotliwości w granicach dopuszczalnych dla ustalonego stanu pracy układu zasilania elektrycznego, powstająca w wyniku działania czynników zewnętrznych na aparaturę układu i zużycia napędu prądnic
23. Współczynnik zniekształcenia sinusoidalności napięcia	Wielkość, równa stosunkowi pierwiastka kwadratowego z sumy kwadratów wartości amplitudowych lub skutecznych wyższych harmonicznych danej krzywej okresowej do wartości amplitudowej lub skutecznej jej podstawowej harmonicznej
24. Współczynnik amplitudy napięcia	Wielkość, równa stosunkowi amplitudy napięcia do wartości skutecznej napięcia
25. Współczynnik pulsacji napięcia	Wielkość, równa stosunkowi największej wartości chwilowej składowej przemiennej pulsującego napięcia do jego wartości znamionowej
26. Współczynnik modulacji amplitudowej napięcia	Wielkość, równa stosunkowi połowy różnicy największej i najmniejszej amplitudy modulowanego napięcia, w określonym czasie, do znamionowej wartości amplitudy napięcia
27. Punkt regulacji	Miejsce podłączenia obwodów pomiarowych regulatorów napięcia Uwaga. Przy podłączeniu do pokładowej sieci elektrycznej naziemnego źródła zasilania elektrycznego za punkt regulacji naziemnego regulowanego źródła przyjmuje się pokładowe złącze elektryczne zasilania lotniskowego
28. Awaryjne źródło energii elektrycznej	Źródło energii elektrycznej, którego praca nie zależy od pracy pierwotnych źródeł zainstalowanych na liniach głównych, liniach pomocniczych, zespołach zasilania, czy przekładni wirnika nośnego śmigłowca Uwaga. Źródło awaryjne jest wykorzystywane w czasie lotu w przypadku awarii i/lub odłączenia pierwotnych źródeł, dla zasilania ograniczonej liczby odbiorników energii elektrycznej (pierwszej kategorii). Na przykład: akumulator czy przetwornica zasilania z akumulatora

ZAŁĄCZNIK 2

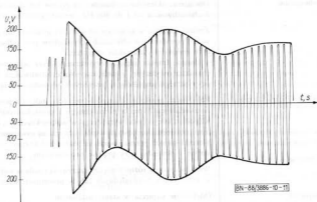
PRZEKSZTAŁCENIE NAPIĘĆ W STANACH PRZEJŚCIOWYCH

1. Przekształcenie krzywej napięcia w stanach przejściowych w równoważną funkcję skokową

1.1. Ogólne warunki przekształcenia napięć w stanach przejściowych

Przekształcenie krzywej napięcia przejściowego w równoważną funkcję skokową przeprowadza się oddzielnie dla podwyższonego lub obniżonego napięcia.

W celu przekształcenia krzywej napięcia przejściowego w przypadku prądu przemiennego w równoważną funkcję skokową, wykreśla się obwiednię przejściowego napięcia przemiennego, tak jak jest to pokazane na rys. 11 i 12, przy czym wartości dla obwiedni przejściowego napięcia przemiennego powinny być zmniejszone $\sqrt{2}$ razy.



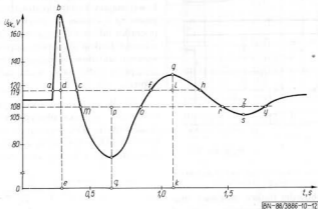
Rys. 11. Zmiana napięcia przemiennego w stanie przejściowym

Dla napięcia stałego wykreśla się krzywą napięcia przejściowego (rys. 13), otrzymaną bezpośrednio z odczytu zapisu oscylograficznego (bez zmniejszenia $\sqrt{2}$ razy). Na otrzymane wykresy nanosi się graficzne dopuszczalne wartości napięcia ustalonego:

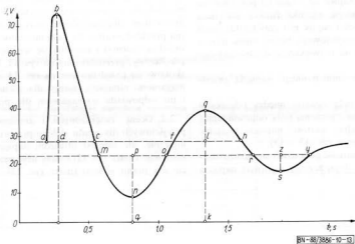
108 i 119 V — dla prądu przemiennego (rys. 12),
24 i 29,4 V — dla prądu stałego (rys. 13).

$$t_1 = \frac{S_{abcd}}{bd} \quad (1)$$

1.2.3. Otrzymany fragment równoważnej funkcji skokowej, mający kształt prostokąta z różnicą wartości napięć i czasem t_1 , wykreśla się (rys. 14) od początku odliczania czasu na wykresie dopuszczalnych wartości



Rys. 12. Zmiany napięcia przemiennego w stanie przejściowym



Rys. 13. Zmiany napięcia stałego w stanie przejściowym

1.2. Przekształcenie podwyższonego napięcia przejściowego

1.2.1. Oblicza się pole na podstawie rys. 12 lub 13, ograniczone wycinkiem obwiedni abc i poziomą linią, odpowiadającą maksymalnej dopuszczalnej wartości napięcia w stanie ustalonym (119 lub 29,4 V).

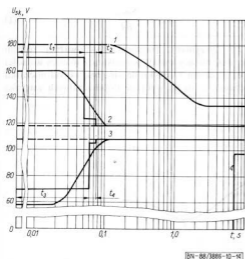
1.2.2. Otrzymaną wartość pola dzieli się przez wartość odcinka bd , równą różnicy między maksymalną wartością obwiedni napięcia przejściowego i maksymalną dopuszczalną wartością napięcia w stanie ustalonym (119 lub 29,4 V) i oblicza się czas (t_1) wg wzoru

funkcji skokowej, odpowiadającym rozpatrywanemu układowi zasilania elektrycznego i warunkom jego pracy (odkłada się w górę od linii odpowiadającej napięciu 119 lub 29,4 V).

1.2.4. Analogiczne przekształcenie przeprowadza się dla odcinka obwiedni fgh :

- 1) oblicza się pole S_{fghl} ,
- 2) oblicza się czas (t_2) wg wzoru

$$t_2 = \frac{S_{fghl}}{gl} \quad (2)$$



Rys. 14. Granice 1 ÷ 4 wartości równoważnych funkcji skokowych napięcia przejściowego dla prądu przemiennego

Otrzymany odcinek obwiedni funkcji skokowej, mający kształt prostokąta z różnicą wartości napięć gl i czasem t_2 , nanosi się na wykres (patrz rys. 14) tak, aby koniec poprzedniego wycinka funkcji skokowej (mającej różnicę wartości napięć bd i czas t_1) pokrywał się z początkiem następnego wycinka funkcji skokowej (mającej różnicę wartości napięć gl i czas t_2) itd., jeżeli obwiednia napięcia przejściowego będzie miała jeszcze odcinki, leżące wyżej od największego dopuszczalnego napięcia ustalonego.

1.3. Przekształcanie zmniejszonego napięcia przejściowego

1.3.1. Oblicza się pole zawarte między odcinkami obwiedni napięcia mno i poziomą linią odpowiadającą minimalnej dopuszczalnej wartości napięcia w stanie ustalonym, S_{mnoym} (patrz rys. 12 i 13).

1.3.2. Otrzymałą wartość pola dzieli się przez różnicę między minimalną dopuszczalną wartością napięcia

dla stanu ustalonego (108 lub 24 V) i minimalną wartością obwiedni napięcia przejściowego na odcinku mno i oblicza się czas (t_3) wg wzoru

$$t_3 = \frac{S_{mnoym}}{np} \quad (3)$$

1.3.3. Otrzymany wycinek równoważnej funkcji skokowej mający kształt prostokąta z różnicą wartości napięcia np i czasem t_3 , wykreśla się (patrz rys. 14) od początku odliczania czasu na wykresie dopuszczalnych wartości funkcji skokowej, odpowiadającym rozpatrywanemu układowi zasilania elektrycznego i warunkom jego pracy (odkłada się w dół od linii, odpowiadającej napięciu 108 lub 24 V).

1.3.4. W analogiczny sposób przeprowadza się przekształcanie wycinka obwiedni rsy . Równoważny odcinek funkcji skokowej nanosi się tak, aby początek tego odcinka pokrywał się z końcem poprzedniego odcinka funkcji skokowej; czas (t_4) oblicza się wg wzoru

$$t_4 = \frac{S_{rsypr}}{25} \quad (4)$$

2. Ocena dopuszczalności napięć przejściowych

2.1. Napięcia przejściowe odpowiadają wymaganiom niniejszej normy, jeżeli obwodzące je równoważne funkcje skokowe nie przecinają krzywych, odpowiadających granicznym dopuszczalnym wartościom tych funkcji (na przykład, granice 2 i 3 dla normalnej pracy na rys. 2 niniejszej normy) i znajdują się wewnątrz nich. Proces przejściowy, przedstawiony na rys. 11, którego funkcje skokowe są przedstawione na rys. 14, odpowiada wymaganiom niniejszej normy dla nienormalnej pracy i nie odpowiada wymaganiom dla pracy normalnej.

2.2. Ocenę zwiększonych i zmniejszonych napięć przejściowych dla prądu stałego przeprowadza się analogicznie, ale zamiast obwiedni napięcia prądu przemiennego (patrz rys. 12) należy użyć przejściowe napięcie dla prądu stałego (patrz rys. 13).

ZALECENIA DOTYCZĄCE BADAŃ ODBIJNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA ZGODNOŚĆ Z NINIEJSZĄ NORMĄ W USTALONYCH I PRZEJŚCIOWYCH WARUNKACH PRACY UKŁADU ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO

1. Sprawdzanie odbiorników w warunkach stanu ustalonego

1.1. Sprawdzanie odbiorników na zgodność z wymaganiami niniejszej normy w ustalonych warunkach pracy układu zasilania elektrycznego przeprowadza się zgodnie z tabl. 12 i 13. Wartości napięcia i częstotliwości, określone w tabl. 12 i 13 zapewnia się przez zasilanie laboratoryjne.

1.2. W badaniach 1 ÷ 6 (tabl. 12) i 1 ÷ 3 (tabl. 13) są określone znamionowe graniczne dopuszczalne wartości napięć i częstotliwości dla odpowiednich warunków, określone w 2.1.5, 2.1.13 i 2.2.2 niniejszej normy.

W badaniach nr 7 (tabl. 12) i nr 4 (tabl. 13) są określone obniżone wartości napięcia przy pracy nienormalnej, leżące w granicach od zera do minimalnego dopuszczalnego.

Tablica 12. Warunki badań dla napięcia przemiennego

Rodzaj pracy	Numer badania	U	f	t	U	f	t	U	f	t	Liczba cykli badań	
		V	Hz	min	V	Hz	min	V	Hz	min		
		Numer warunków badań										
		1			2			3				
Normalna	1	115	400	10	108	400	10	119	400	10	1	
	2		380			380			320			
	3		420			420			420			
Awaryjna	4		360		102	360		124	360			
	5		440			440						
Nienormalna	6		380		134	30		97	380			30
	7		75		50	10		35	380			10

Tablica 13. Warunki badań napięcia stałego

Rodzaj pracy	Numer badania	U	t	U	t	U	t	Liczba cykli badań
		V	min	V	min	V	min	
		Numer warunków badań						
		1			2			3
Normalna	1	27	10	24	10	29,4	10	1
Awaryjna	2			18		31,0		
Nienormalna	3			33	30	21,0	30	
	4	15	10	10	5,0	10		

2. Sprawdzanie odbiorników w warunkach stanów przejściowych

2.1. Sprawdzanie odbiorników na zgodność z wymaganiami niniejszej normy w warunkach stanów przejściowych przeprowadza się zgodnie z tabl. 14 ÷ 20.

Tablica 14. Warunki badań odpowiadające normalnym wartościom przemiennego napięcia przejściowego przy częstotliwości 380 Hz

Numer badania	U	t	U	t	U	t	Liczba cykli badań	
	V	min	V	min	V	min		
	Numer warunków badań							
		1			2			3
1	115	10	160	0,10	115	10	3	
2			0	0,08				
3			58	0,10				

Tablica 15. Warunki badań odpowiadające nienormalnym wartościom przemiennego napięcia przejściowego przy częstotliwości 380 Hz

Numer badania	U	t	U	t	U	t	Liczba cykli badań	
	V	min	V	min	V	min		
	Numer warunków badań							
		1			2			3
1	115	10	180	0,2	115	10	1	
2			175	0,5				
3			160	2,0				
4			140	3,0				
5			0	7,0				

Tablica 16. Warunki badań odpowiadające normalnym (badania nr 1 i 2) i nienormalnym (badania nr 3 i 4) wartościom częstotliwości w warunkach stanu przejściowego

Numer badania	U V	f Hz	t min	f Hz	t min	f Hz	t min	Liczba cykli badań
		Numer warunków badań						
		1		2		3		
1	108	400	10	450	2,0	400	10	2
2	119			350				
3	108			480	7,0			
4	119			320				

Tablica 17. Warunki badań odpowiadające normalnym wartościom przejściowego napięcia stałego w układach zasilanych z prądnic prądu stałego

Numer badania	U V	t min	U V	t min	U V	t min	Liczba cykli badań
	Numer warunków badań						
	1		2		3		
1	27	10	70	0,10	27	10	3
2			0	0,08			
3			8	0,10			

Tablica 18. Warunki badań odpowiadające nienormalnym wartościom przejściowego napięcia stałego w układach zasilanych z prądnic prądu stałego

Numer badania	U V	t min	U V	t min	U V	t min	Liczba cykli badań
	Numer warunków badań						
	1		2		3		
1	27	10	80	0,3	27	10	1
2			70	0,6			
3			60	1,0			
4			50	3,0			
5			0	7,0			

Tablica 19. Warunki badań, odpowiadające wartościom przejściowego napięcia stałego w układach zasilanych poprzez urządzenia prostownicze z prądnic prądu przemiennego

Numer badania	U V	t min	U V	t min	U V	t min	Liczba cykli badań
	Numer warunków badań						
	1		2		3		
1	27	10	40	0,10	27	10	3
2			0	0,08			
3			13	0,10			

Tablica 20. Warunki badań, odpowiadające nienormalnym wartościom przejściowego napięcia stałego w układach zasilanych poprzez urządzenia prostownicze z prądnic prądu przemiennego

Numer badania	U V	t min	U V	t min	U V	t min	Liczba cykli badań
	Numer warunków badań						
	1		2		3		
1	27	10	45	0,2	27	10	1
2			44	0,5			
3			40	2,0			
4			35	3,0			
5			0	7,0			

2.2. W tabl. 14, 16 (badania 1 i 2), 17 i 19 przedstawiono badania warunków normalnej pracy układu zasilania elektrycznego, a w tabl. 15 i 16 (badania nr 3 i 4), 18 i 20 — nienormalnej pracy. Każde badanie reprezentuje sobą skokową charakterystykę napięcia (tabl. 14, 15, 17 ÷ 20) lub częstotliwości (tabl. 16), odpowiadającą przejściowemu napięciu lub przejściowej częstotliwości, określonym w 2.1.10 ÷ 2.1.12, 2.1.16, 2.1.17, 2.2.5 ÷ 2.2.9 niniejszej normy. Skokowe funkcje poszczególnych badań, odpowiadające normalnej pracy pod względem napięcia oraz normalnej i nienormalnej pracy pod względem częstotliwości, reprezentują sobą pojedyncze prostokątne impulsy podwyższonego i obniżonego napięcia (częstotliwości) (patrz tabl. 14, 16, 17 i 19).

Skokowe funkcje badań, odpowiadające nienormalnej pracy pod względem napięcia, są liniami łamanymi zbudowanymi z odcinków dla warunków badań nr 2, opierających się na granicznej dopuszczalnej krzywej 1 dla pracy nienormalnej, wg rys. 2, 6 i 7 niniejszej normy.

Liczba cykli badań konkretnego odbiornika energii elektrycznej może różnić się od przedstawionej w niniejszym załączniku, jednak linia łamana utworzona przez te badania powinna tworzyć nie mniej niż 1 cykl. W przedziale cyklu badań, wszystkie badania (oprócz badania $U = 0$), imitujące na przykład podwyższenie napięcia przemiennego, mogą być zastąpione przez jedno badanie z napięciem $U = 180$ V w ciągu 3 s lub praktycznie pełne odtworzenie krzywej 1 wg rys. 2.

Jeżeli dla odtworzenia charakterystyk wyjściowych odbiornika w warunkach normalnej pracy (warunki badań nr 1 i 3) jest wymagane mniej lub więcej niż 10 min, to czas ten może być odpowiednio zmieniony, po uzgodnieniu z odbiorcą.

2.3. W tabl. 14 ÷ 16 przedstawiono skokowe charakterystyki napięcia i częstotliwości dla prądu przemiennego.

Dla odbiorników zasilanych napięciem 200, 27 lub 6 V prądu przemiennego, napięcia dla warunków badań przedstawionych w tabl. 14 i 16 powinny być pomnożone odpowiednio przez współczynniki $200/115 = \sqrt{3}$; $27/115 = 0,235$; $6/115 = 0,052$.

2.4. W tabl. 17 ÷ 20 przedstawiono skokowe funkcje napięcia stałego dla układu zasilanego z prądu

(tabl. 17 i 18) i z urządzeń prostowniczych (tabl. 19 i 20).

2.5. Każde badanie (patrz tabl. 14 ÷ 20) składa się z trzech warunków badań:

— w warunkach badań nr 1 i 3 przyłożone napięcie i częstotliwość są równe znamionowym wartościom z uwzględnieniem dopuszczalnych odchyłek dla normalnych ustalonych warunków pracy;

— w warunkach badań nr 2 przyłożone napięcie lub częstotliwość odpowiada wartościom przejściowemu napięcia lub częstotliwości, określonym w 2.1.10 ÷ 2.1.12, 2.1.16, 2.1.17, 2.2.5 ÷ 2.2.9 niniejszej normy.

2.6. Badania powinny być przeprowadzone przy ustalonych warunkach cieplnych badanego odbiornika, dlatego badany odbiornik powinien być wstępnie włączony do pracy odpowiadającej nominalnym ustalonym warunkom na czas nie mniejszy od 30 min.

Po upływie tego czasu, określa się charakterystyki wyjściowe badanego odbiornika.

2.7. We wszystkich badaniach odpowiadającym wartościom napięcia przejściowego dla pracy normalnej (tabl. 14, 17, 19 i badania nr 1 i 2 tabl. 16), charakterystyki wyjściowe badanego odbiornika powinny odpowiadać zadanym wymaganiom.

W przypadkach technicznie uzasadnionych, dopuszcza się niekontrolowanie charakterystyk wyjściowych badanego odbiornika w warunkach badań nr 2 (tabl. 14, 17, 19 i badania nr 1 i 2 tabl. 16).

2.8. W badaniach odpowiadających wartościom napięcia przejściowego dla pracy nienormalnej (tabl. 15, 18, 20 i badania nr 3, 4 tabl. 16) charakterystyki wyjściowe badanego odbiornika w warunkach badań nr 1 i 3 każdego badania powinny odpowiadać zadanym; w warunkach badań nr 2, charakterystyki wyjściowe badanego odbiornika powinny odpowiadać wymaganiom dotyczącym nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego lub mogą być nie kontrolowane, jeżeli odbiornik nie jest przewidziany do pracy przy nienormalnej pracy układu zasilania elektrycznego.

Uwaga. Jeżeli dla określenia charakterystyk wyjściowych odbiornika w warunkach badań nr 1 i 3 zgodnie z załącznikiem 3 jest wymagane mniej lub więcej niż 10 min, to ten czas może być odpowiednio zmieniony po uzgodnieniu z odbiorcą.

KONIEC NORMY MIĘDZYNARODOWEJ

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Lotnictwa, Warszawa.

2. Normy międzynarodowe
RWPG СЭВ 4333-84 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Требования к качеству электроэнергии — норма identyczna.

ISO 1540-84 Aerospace — Characteristics of aircraft electrical systems — norma nierównoważna, rozbieżności techniczne podano w p. 3. Informacji dodatkowych.

3. Rozbieżności techniczne między ISO 1540-84 a BN-88/3886-10

Określenie parametru	Wymagania, wg	
	BN-88/3886-10	ISO 1540-84
1	2	3
Układy prądu przemiennego o stałej częstotliwości		
1. Dopuszczalny zakres napięcia w stanie ustalonym — przy pracy normalnej — przy pracy nienormalnej — przy pracy awaryjnej	108 ÷ 119 V 97 ÷ 134 V 102 ÷ 124 V	108 ÷ 118 V 98 ÷ 132 V 104 ÷ 122 V
2. Napięcie średnie 3 faz	Wartości są nieporównywalne, ponieważ mierzone są w różnych punktach	
3. Dopuszczalny zakres przesunięć fazowych między fazami	116 ÷ 124°	118 ÷ 122°
4. Maksymalna asymetria napięć fazowych	3 V 4 V — dla samolotów lekkich	3 V
5. Współczynnik zniekształcenia	≤ 8%	≤ 5%
6. Zawartość harmoniczných	≤ 5%	≤ 4%
7. Współczynnik amplitudy	1,41 ± 0,15	1,41 ± 0,10
8. Stosunek częstotliwości do napięcia dla częstotliwości poniżej 360 Hz	≥ 2,7	≥ 3
9. Dopuszczalny zakres przesunięcia częstotliwości	—	± 5 Hz
10. Dopuszczalna zmiana częstotliwości w stanie niestabilnym	350 ÷ 450 Hz przy zmianie obciążenia 10 ÷ 160% w ciągu 0,3 s	350 ÷ 450 przy zmianie obciążenia 10 ÷ 170% w ciągu 0,2 s
11. Zakres zmian napięcia w stanie przejściowym przy pracy normalnej	Brak wymagań dotyczących układu zasilania z prądu przemiennego i urządzeń transformatorowo-prostowniczych	Wymagania określone w pełnym zakresie
12. Zakres zmian napięcia w stanie przejściowym przy pracy nienormalnej	Brak wymagań dotyczących układu zasilania z prądu przemiennego o zmiennej częstotliwości i urządzeń transformatorowo-prostowniczych	Wymagania określone w pełnym zakresie
Układy prądu stałego		
13. Napięcie znamionowe	27 V	28 V
14. Dopuszczalny zakres napięcia w stanie ustalonym — przy pracy normalnej — przy pracy nienormalnej — przy pracy awaryjnej	24 ÷ 29,4 V 21 ÷ 33 V 18 ÷ 31 V	24 ÷ 29 V 21 ÷ 32 V 18 ÷ 29 V

4. Projekt normy branżowej przygotowali: mgr inż. Henryk Kaczorek i inż. Kazimierz Tlustowski — Instytut Lotnictwa, Warszawa.