

## C Z Ę Ś Ć II

### ĆWICZENIA LABORATORYJNE

#### 1. Badanie nagrzewania i wytrzymałości zwarciowej aparatu elektrycznych

##### 1.1. Wstęp

Jednym z bardzo istotnych elementów badań elektrycznych aparatów rozdzielczych jest zagadnienie prób toru prądowego aparatu, tj. części przewodzących prąd elektryczny. Tor prądowy aparatu charakteryzuje się prądem znamionowym, przy czym odróżnia się:

- a) znamionowy prąd ciągły,
- b) znamionowy prąd krótkotrwały, charakteryzujący aparat w warunkach pracy zwarciowej.

Prąd znamionowy ciągły jest to wartość prądu, który płynąc przez tor prądowy w czasie umożliwiającym osiągnięcie stanu równowagi cieplnej, nie spowoduje w żadnym z elementów toru przekroczenia temperatury uznanej za dopuszczalną. Tak więc kryterium znamionowego prądu ciągłego stanowią przyrosty temperatur poszczególnych elementów przewodzących toru prądowego lub znajdujących się w bezpośrednim ich sąsiedztwie części izolacyjnych aparatu. Dopuszczalne przyrosty temperatur zależne są od rodzaju materiału przewodzącego, a w przypadku części izolacyjnych od klasy izolacji. Znormalizowane wartości dopuszczalnych przyrostów temperatur podane są w tablicy 6. Dopuszczalne przyrosty temperatur ustalono przy przyjęciu tzw. obliczeniowej temperatury otoczenia  $\bar{T}_o = 40^{\circ}\text{C}$ .

Zgodnie z przytoczoną powyżej definicją znamionowy prąd ciągły charakteryzuje możliwości długotrwałego przewodzenia prądu przez określony aparat elektryczny. Pewnym wyjątkiem są tu przekładniki prądowe, którym stawia się wymaganie, aby wy-

trzymywały długotrwałe obciążenie prądem równym  $1,2J_n$ . Tak więc dla przekładników prądowych długotrwała obciążalność prądowa jest większa od znamionowego prądu ciągłego.

Wytrzymałość zwarciorowa charakteryzuje się znamionowym prądem krótkotrwałym i dzieli się na:

- a) zwarciorową wytrzymałość dynamiczną,
- b) zwarciorową wytrzymałość cieplną n-sekundową.

Zwarciorowa wytrzymałość dynamiczna dotyczy przede wszystkim wytrzymałości mechanicznej całego układu, co nabiera szczególnej wagi w przypadku występowania zwojnic (przekładniki prądowe). W przypadku łączników dochodzi dodatkowo sprawa odporności zestyków na szepianie, co jest szczególnie istotne wówczas, kiedy stała czasowa punktu styczności ma na tyle małą wartość, że umożliwia nadążanie zmian temperatury za zmianami prądu zwarciorowego. W momencie wystąpienia wartości szczytowej prądu występuje wówczas maksymalna wartość temperatury w miejscu styczności i o ile przekroczy ona punkt topnienia metalu z jakiego wykonane są styki, następuje szepienie styków.

Kryterium zwarciorowej wytrzymałości cieplnej stanowi dopuszczalny przyrost temperatury, z tą różnicą, że temperatury dopuszczalne przy zwarcioru są z uwagi na krótki czas ich trwania znacznie wyższe niż dla obciążalności długotrwałej (patrz tablica 6). W łącznikach występuje dodatkowo zagadnienie odporności zestyków na szepianie. Występują tu zjawiska analogiczne do opisanych poprzednio z tą różnicą, że w warunkach zwarciorowej próby cieplnej występuje dodatkowy wzrost temperatury punktu zestyku, spowodowany wzrostem temperatury całego styku. Prawdopodobieństwo wystąpienia szepień zestyków jest więc w tym przypadku większe niż poprzednio.

W ostatnich latach w normalizacji międzynarodowej wprowadzono dla łączników w.n. zależności między prądem znamionowym a zwarciorową wytrzymałością dynamiczną aparatu. Stosunek wartości prądu szczytowego odpowiadającego wymaganej wartości dynamicznej (w wartościach maksymalnych), do prądu znamionowego aparatu (wyrażonego w wartościach skutecznych) nie jest wartością stałą i dla napięć do 30 kV waha się w granicach

Tablica 6

Wartości dopuszczalnych przyrostów temperatur

Części i materiały	Obciążal- ność trwa- ła (ciągła)		Obciążalność krótkotrwała			
	$\Delta \vartheta_{\text{dop}}$	$\vartheta_{\text{dop}}$	$\vartheta_{\text{max}}$ °C			
-	°C	°C	Cu	Ms i Bz	Al	Fe
Części torów prądowych gołe w powietrzu	65	105	300	300	200	400
Części torów prądowych gołe w oleju	60	100	250	250	200	250
Styki srebrne lub sreb- rzone w powietrzu	65	105	Przy zwarceniu nie po- winno występować szczepianie styków			
Styki srebrne lub sreb- rzone w oleju	50	90				
Styki miedziane w po- wietrzu lub oleju	35	75				
Części miedziane sprę- żynujące	35	75				
Zaciski przyłączone	45	85	300	300	200	400
Przewody i uzwo- jenia w powietrzu w izolacji klasy	<u>Y = 0</u>	45	200	200	200	200
	<u>A</u>	60	250	250	200	250
	<u>E</u>	75	300	300	200	400
	<u>B</u>	80				
	<u>F</u>	100				
	<u>H</u>	125				
	<u>C</u>	$\geq 125^x)$	300	300	200	400
Przewody i uzwojenia w oleju w izolacji każ- dej klasy	60	100	250	250	200	250
Inne części w oleju	60	100	250	250	200	250
Izolacja i ośrod- ki ciekłe gaszące	olej	40	-	-	-	-
	inne	30	-	-	-	-
Olej w przekładniach	50	90	-	-	-	-

x)

W zasadzie ograniczana przez sąsiadujące części

160 ... 80, a dla napięć wyższych - 80 ... 40. Wartość prądu wytrzymałości jednosekundowej dla łączników, odniesiona jest jednoznacznie do wartości prądu szczytowego, odpowiadającego wymaganej wytrzymałości dynamicznej i wynosi 0,6 tej wartości.

Nieco inaczej przedstawia się sprawa stosunku prądów zwarciovych do znamionowych w przypadku przekładników prądowych. W zwykłym wykonaniu przekładnika przyjmuje się zwarciovą wytrzymałość elektrodynamiczną (wartość maksymalna prądu) równą  $240 J_n$  (gdzie  $J_n$  - prąd znamionowy przekładnika wyrażony w wartościach skutecznych). Prąd wytrzymałości zwarcioviej 1 sek. określa się natomiast jako 80-krotną wartość prądu znamionowego. W wykonaniach specjalnych przekładników w przypadku konieczności powiększenia parametrów zwarciovych (szczególnie dla przekładników o małych przekładniach) stosunki powyższe mogą odpowiednio wzrosnąć.

Wszystkie opisane powyżej rodzaje prądów wymagają sprawdzenia doświadczalnego na modelach bądź prototypach konkretnych aparatów. Sprawa ta nabiera szczególnego znaczenia dla łączników, gdyż w tych przypadkach nie ma możliwości wykonania dokładnych obliczeń umożliwiających właściwy dobór styków. Podobnie przedstawia się sprawa zwarcioviej wytrzymałości przekładników prądowych, gdzie istnieje tak duża liczba czynników wpływających na tę wytrzymałość, że jedynie próba jest najwłaściwszą a jednocześnie najprostszą metodą jej wyznaczenia.

Wszystkie te względy powodują, że próby zarówno nagrzewania jak i wytrzymałości zwarcioviej stanowią jedną z ważniejszych grup badań aparatów elektrycznych.

## 1.2. Metody pomiaru temperatury stosowane w badaniach aparatów elektrycznych

### 1.2.1. Przetworniki

Podczas badań aparatów elektrycznych zarówno niskiego jak i wysokiego napięcia występuje konieczność pomiaru i rejestracji przebiegu temperatury w funkcji czasu. Zakres mierzonych temperatur, związany z wartościami temperatur dopuszczalnych nie jest zbyt duży (do ok.  $400^{\circ}\text{C}$  w warunkach zwarciovych - patrz tablica 6) i nie stwarza żadnych trudności technicznych.