

1. Cel przedmiotu

Celem przedmiotu jest opanowanie wiedzy w zakresie aparatów elektrycznych jako elementów sieci i układów elektroenergetycznych oraz zrozumienie podstaw fizycznych ich funkcjonowania. Zmierzają do dostarczenia wiedzy niezbędnej do wykorzystania jej w projektowaniu i eksploatacji układów elektroenergetycznych.

Wykład przedstawia podstawy fizyczne, metodyczne i techniczne urządzeń i aparatów elektrycznych zwłaszcza łączeniowych.

Zajęcia laboratoryjne mają dostarczyć przykładów zastosowania konkretnych aparatów elektrycznych wraz ze zjawiskami fizycznymi ich funkcjonowania oraz ilustrować stosowane układy probiercze i pomiarowe.

2. Wstęp

Urządzenia elektryczne, elektroenergetyczne i elektroniczne podlegają stałej ewolucji. Wiąże się to z rozwojem technologii i wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną. Jasnym jest, iż to właśnie elektryczność stała się fundamentem naszej cywilizacji. To wszystko spowodowało, iż od aparatów i urządzeń elektrycznych oczekuje się spełnienia wyższych parametrów wytrzymałościowych i dłuższego utrzymania zdolności użytkowej. Wraz z rozwojem różnego rodzaju urządzeń dynamicznie rozwija się także diagnostyka tych urządzeń.

Aparaty elektryczne należą do grupy urządzeń elektroenergetycznych i są nieodzownym elementem każdego systemu elektroenergetycznego oraz każdej sieci elektrycznej. Występują zarówno na napięciu stałym jak i przemiennym. Największa ich ilość instalowana jest w sieciach niskiego napięcia u odbiorców końcowych. Przykładem mogą być wyłączniki instalacyjne zamontowane praktycznie w każdej rozdzielni domowej. Inne, bardziej złożone, pełniące bardziej zaawansowane funkcje instalowane są w miejscach rozdziału energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych i przesyłowych oraz przy źródłach. Często są gwarantem stabilności systemu elektroenergetycznego w związku z tym wymaga się od nich wysokiej trwałości i niezawodnej pracy przez okres nie krótszy niż 30 lat.

Ze względu na charakter pracy i wynikające stąd funkcje jakie pełni dany aparat w systemie elektroenergetycznym oraz warunki pracy istnieje wiele możliwych podziałów aparatów elektrycznych na różne grupy. Podstawowym zadaniem wszystkich aparatów elektrycznych jest wytrzymywanie napięć jakie mogą wystąpić w miejscu ich pracy zarówno w warunkach normalnych jak i zakłóceń. Stąd też wynika jeden z możliwych podziałów związany z napięciem pracy. Możemy wyróżnić aparaty:

- niskiego napięcia (nn), tj. poniżej 1000 VAC oraz 1500 VDC. W Polsce, w większości przypadków jest to 400 V dla sieci trójfazowych oraz 230 V dla jednofazowych,
- średniego napięcia (SN), tj. poniżej 100 kV. Typowa wartość napięcia w sieci dystrybucyjnej w kraju to 15 kV, ale występują też napięcia 6, 10, 20 i 30 kV,
- wysokiego napięcia (WN), tj. 100 ÷ 200 kV, wartość napięcia w sieci dystrybucyjnej i przesyłowej w kraju to 110 kV,
- najwyższego napięcia (NN)), tj. 220 ÷ 800 kV, wartości napięcia w krajowej sieci przesyłowej to 220, 400 oraz 750 kV,
- ultra wysokiego napięcia (UHV), tj. powyżej 800 kV, istnieją instalacje, głównie w Chinach i Japonii na napięcia 1100 i 1300 kV.

Większość aparatów musi ponadto być w stanie długotrwale przewodzić prądy robocze jak również krótkotrwale prądy zwarciove. Straty związane z wytrzymywaniem napięć i przewodzeniem prądów roboczych muszą być pomijalnie małe. Podstawowy podział aparatów elektrycznych związany jest z pełnioną przez nie funkcją. Możemy zatem wyróżnić następujące aparaty:

- łączeniowe, które zapewniają możliwość dokonywania komutacji w obwodzie,
- pomiarowe, umożliwiające pomiar prądu i napięcia, często o dużych wartościach, poprzez transformację mierzonych wielkości na znormalizowane, przy zapewnieniu izolacji galwanicznej,
- ochronne – przeciwprzebieciowe,
- ograniczające prądy zwarciove
- inne, np. rozruchowe

Aparaty łączeniowe mogą pracować w różnych warunkach w zależności od oczekiwań jakie są im stawiane. Warunki pracy istotnie wpływają na budowę łączników i w związku z tym na ich cenę. Wyróżnia się następujące aparaty łączeniowe:

- odłącznik, jest to łącznik mechanizmowy zapewniający w stanie otwartym bezpieczną przerwę izolacyjną, tj. taką która nie ulegnie przebiciu podczas przebiecia. Jeśli wystąpi przebicie izolacji to nie na przerwie otwartego odłącznika tylko na izolacji doziemnej. Odłączniki nie mają komór gaszeniowych przez co nie mają zdolności gaszenia łuku elektrycznego czyli nie są w stanie przerywać praktycznie żadnego prądu. Są w stanie łączyć prądy o pomijalnej wartości, np. przy przenoszeniu obciążenia, tj. przy małej różnicy potencjału pomiędzy stykami odłącznika. Jest zdolny do długotrwałego przewodzenia prądów roboczych i krótkotrwałego przewodzenia prądów zakłóceńowych.
- rozłącznik, jest to łącznik mechanizmowy umożliwiający łączenie prądów roboczych i ewentualnie przeciążeniowych, tj. do 10-krotnej wartości prądu roboczego. Może długotrwale przewodzić prądy robocze i krótkotrwale prądy zwarciove. Występują też rozłączniki izolacyjne, czyli takie które dodatkowo w stanie otwartym tworzą bezpieczną przerwę izolacyjną, Rozłącznik może być zdolny do załączania prądów zwarciowych, ale nie ma możliwości ich wyłączania.

- stycznik, jest to łącznik mechanizmowy z napędem maszynowym o tylko jednym położeniu spoczynkowym styków ruchomych. Jest zdolny do załączenia, przewodzenia i wyłączenia prądów roboczych i ewentualnie przeciążeniowych mogących powstawać w roboczych warunkach pracy.
- wyłącznik, jest to łącznik mechanizmowy zdolny załączania i wyłączania prądów roboczych, przeciążeniowych i zwarciovych, a także do przewodzenia prądów roboczych w normalnych warunkach pracy oraz zwarciovych w określonym czasie.
- bezpiecznik, jest to łącznik bezstykowy, w którym człon łączeniowy ulega rozpadowi pod działaniem prądu o określonej wartości i w określonym czasie.
- uziemnik jest to łącznik mechanizmowy stosowany do uziemienia części obwodu prądowego. Nie jest zdolny do przewodzenia prądów w normalnych warunkach pracy- prądu roboczego, ale jest zdolny do wytrzymywania w określonym czasie prądów zakłóceniovych. Uziemnik szybki może mieć zdolność do załączania prądów zwarciovych.

Poszczególne aparaty elektryczne połączone ze sobą i współpracujące z automatyką elektroenergetyczną i przyrządami pomiarowymi tworzą aparaturę rozdzielczą. Zgodnie z Międzynarodowym słownikiem terminologicznym elektryki, Aparatura rozdzielcza jest to „termin ogólny dotyczący łączników i ich kombinacji z aparatami sterowniczymi, zabezpieczeniowymi, regulacyjnymi i przyrządami pomiarowymi oraz zespołów utworzonych z tych aparatów wraz z odpowiednimi połączeniami, urządzeniami pomocniczymi, osłonami i konstrukcjami wsporczymi, przeznaczonych głównie do użytkowania w dziedzinie wytwarzania, przesyłu, rozdziału i przetwarzania energii elektrycznej”. Aparatura rozdzielcza może występować w postaci napowietrznej- jako wolnostojące aparaty elektryczne połączone ze sobą, lub okapturzonej- jako rozdzielnice w izolacji powietrznej (nn i SN) lub gazowej (SN, WN, NN). Rozdzielnice w izolacji gazowej (GIS- Gas Insulated Switchgear) przeważnie instalowane są na terenach silnie zurbanizowanych, gdyż zajmują znacznie mniej miejsca od napowietrznej (AIS- Air Insulated Switchgear) oraz mogą być zabudowane wewnątrz budynków.

3. Warunki środowiskowe pracy

Aparaty elektryczne przeznaczone są do długotrwałej i niezawodnej pracy w różnorodnych warunkach wynikających nie tylko z miejsca ich zainstalowania, ale też zmienności tych warunków w trakcie eksploatacji. Oczekiwany czas pracy aparatów elektrycznych to przynajmniej 30 lat. Wymagania krajowego operatora mówią nawet o czasie 40 lat. W tak długim okresie eksploatacji należy się spodziewać zmian warunków pracy i uwzględnić to przy doborze aparatów. Niezawodność pracy jest to prawdopodobieństwo zapewnienia określonej zdolności funkcjonalnej bez uszkodzeń w ciągu danego czasu przy narażeniach odpowiadających warunkom eksploatacji oraz w określonych warunkach środowiskowych. Warto w tym miejscu zwrócić też uwagę na fakt, że eksploatacja urządzeń jest to ogół wszystkich zdarzeń, zjawisk i procesów zachodzących w danym obiekcie od chwili zakończenia procesu jego wytwarzania do chwili likwidacji. Nie rozpoczyna się w momencie przekazania do eksploatacji użytkownikowi zainstalowanego urządzenia podczas odbioru na obiekcie, ale często

znacznie wcześniej, nawet kilka lat. Sposób magazynowania, transportu i montażu może mieć niebagatelny wpływ na jakość urządzenia i niezawodność jego pracy, gdyż już od samego początku istnienia aparatu zachodzą fizykochemiczne procesy starzeniowe zależne od środowiska. Można tu wyszczególnić korozję prowadzącą do obniżenia wytrzymałości mechanicznej i elektrycznej, twardnienie lub kurczenie się elementów podatnych- zwłaszcza uszczelek, łuszczenie się powłok lakierniczych i wilgoć co sprzyja m.in. korozji.

Określając warunki pracy aparatów elektrycznych należy rozważyć zatem narażenia elektryczne oraz środowiskowe. Wśród narażeń środowiskowych wyróżniamy narażenia klimatyczne (temperatura, wilgotność, ciśnienie, zanieczyszczenia, mgły, opady, oblodzenia, wiatr, promieniowanie słoneczne), fizyczne (wstrząsy, uderzenia, oddziaływania elektrodynamiczne, wyładowania atmosferyczne, przepięcia, wybuchy), chemiczne (tlen, siarka, sole- reakcje, warstwy nalotowe) i biologiczne (gryzonie, rośliny, drobnoustroje). Warto zwrócić uwagę na fakt, że część tych narażeń środowiskowych może pochodzić z samych aparatów elektrycznych w trakcie ich normalnej eksploatacji. Do narażeń elektrycznych zaliczamy narażenia prądowe i napięciowe występujące zarówno w warunkach normalnej, długotrwałej pracy jak i w stanach przejściowych- zakłóceńowych.