Politechnika Poznańska
INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI

MGR INŻ. PIOTR PIECHOCKI

CZAS TRWANIA ZWARCIA I NARAŻENIA DYNAMICZNE W ROZDZIELNIACH NAJWYŻSZYCH NAPIĘĆ Z PRZEWODAMI SZYNOWYMI GIĘTKIMI W ŚWIETLE BADAŃ SYMULACYJNYCH

Rozprawa doktorska przedłożona
Radzie Wydziału Elektrycznego
Politechniki Poznańskiej

Promotor:
dr hab. inż. Ryszard Frąckowiak, prof. nadzw. Politechniki Poznańskiej

Poznań, czerwiec 2019

Streszczenie

Tematyka pracy jest związana z doborem urządzeń elektroenergetycznych do warunków zwarciowych. Dotyczy zagadnienia dopasowania parametrów rozdzielni najwyższych napięć z przewodami szynowymi giętkimi do dynamicznych skutków wywołanych przepływem prądu zwarciowego. Istotną wielkością wpływającą na powstające skutki dynamiczne w rozdzielni o określonym poziomie prądu zwarciowego jest czas trwania zwarcia. Właściwe określenie wartości tego czasu podczas oceny dynamicznych skutków przepływu prądu zwarciowego w rozdzielni ma wymiar ekonomiczny. Jako cel pracy przyjęto rozpatrzenie możliwości wykorzystania podejścia statystyczno-probabilistycznego do sformułowania wskazówek pomocnych w określaniu wartości czasu trwania zwarcia podczas obliczania sił dynamicznych działających od przewodów na konstrukcje wsporcze rozdzielni.

W badaniach wzięto pod uwagę siły elektrodynamiczne wynikające z oddziaływania przewodów sąsiednich faz F_t oraz opadania przewodu po wyłączeniu zwarcia F_f. Do obliczania wartości tych sił wykorzystano międzynarodową normę IEC 865-1.

Opracowano model do probabilistycznej analizy warunków zwarciowych i skutków dynamicznych w rozdzielniach najwyższych napięć, którego istotne elementy stanowią modele symulacyjne do analizy rozkładu prądu zwarciowego oraz czasu trwania zwarcia. Budowę modelu czasu trwania zwarcia oparto na analizie działania zabezpieczeń i wyłączników w rozdzielni najwyższych napięć podczas zwarć w linii, w transformatorze oraz w samej rozdzielni. Na tej podstawie opracowano szczegółowe algorytmy działania układów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej (EAZ) i wyłączników.

Opracowano program komputerowy umożliwiający statystyczno-probabilistyczną analizę czasu trwania zwarcia i sił dynamicznych w rozdzielni wykorzystujący metodę Monte Carlo. Wykonano badania rozkładów prądu zwarciowego, czasu trwania zwarcia oraz sił dynamicznych F_t i F_f dla dwóch wybranych punktów rozdzielni.

Dla określenia wartości czasu trwania zwarcia podczas obliczania sił dynamicznych w rozdzielni zaproponowano metodę opartą o kryterium ryzyka. Zgodnie z tym kryterium wartości czasu trwania zwarcia określa się na podstawie przyjętej dopuszczalnej rocznej częstości przekroczeń obliczanej siły podczas zwarć

w sieci elektroenergetycznej (przyjętej wartości ryzyka). Podstawę doboru stanowią zależności pomiędzy wartością czasu trwania zwarcia przyjmowaną w analizie skutków dynamicznych a spodziewaną częstością przekroczeń obliczanych sił podczas eksploatacji rozdzielni (założono warunki statyczne). Zbadano również wpływ na wyznaczane w ten sposób wartości czasu trwania zwarcia takich czynników jak: konfiguracja EAZ, awaryjność zabezpieczeń i wyłączników, typ zastosowanych zabezpieczeń i wyłączników, intensywność zwarć w linii oraz parametrów przęsła.

Uzyskane wyniki umożliwiły sformułowanie wniosków poznawczych przydatnych w praktyce. Najważniejszy z nich to wykazanie zależności pomiędzy konfiguracją EAZ w badanej sieci elektroenergetycznej a wartościami czasu trwania. Podano przykładowe wartości czasu trwania zwarcia jakie należałoby przyjmować podczas obliczania sił dynamicznych w rozdzielni 220 kV przy założonej wartości ryzyka.

Andrzej Rotr

Abstract

The subject of work is related to the selection of power devices for short-circuit conditions. It refers to the issue of matching the parameters of the highest voltage switchboard with flexible busbars with dynamic effects caused by short-circuit current flow. The duration of the short-circuit is an important factor affecting the emerging dynamic effects in a switchboard with a specific level of short-circuit current. Proper determination of the value of this time while assessing the dynamic effects of short-circuit current in the switchboard has an economic dimension. The aim of the study was to consider the possibility of using a statistical-probabilistic approach to formulate guidelines helpful in determining the duration of the short-circuit during the calculation of dynamic forces acting from conductors on switchboard support structures. The studies considered the electrodynamic forces resulting from the influence of adjacent phase conductors F_t and descend of the conductor after switching off the short circuit F_f. IEC 865-1 international standard was used to calculate the values of these forces.

A model for probabilistic analysis of short-circuit conditions and dynamic effects in the highest voltage switchboard was developed with simulation models for the analysis of short-circuit current distribution and short-circuit duration as the most important elements. The construction of the short-circuit model was based on the analysis of the operation of protections and circuit breakers in the highest voltage switchboard during short-circuits in the line, in the transformer and in the switchboard itself. On this basis, detailed algorithms for the operation of protection automatics for electrical power engineering (EAZ) and circuit breakers were developed.

A computer program was developed to enable statistical and probabilistic analysis of the duration of short circuits and dynamic forces in a switchboard using the Monte Carlo method. The distribution of short-circuit current, short-circuit duration and dynamic forces F_t i F_f were tested for the selected two points of the switchboard.

A method based on the risk criterion was proposed to determine the value of the duration of the short-circuit during the calculation of dynamic forces in the switchboard. According to this criterion, the values of the duration of the short-circuit are determined on the basis of the adopted allowable annual frequency of exceedances of the calculated force during faults in the power grid (the adopted risk value). The selection is based on the relationships between the value of the duration of the short-circuit

adopted in the analysis of dynamic effects and the expected frequency of exceedances of the calculated forces during the operation of the switchboard (static conditions assumed). The influence on the values on short-circuit duration of such factors as: EAZ configuration, failure of protection and circuit breakers, type of applied protections and circuit breakers, intensity of short-circuits in the line and span parameters was also examined. The obtained results made it possible to formulate cognitive conclusions of practical significance. The most important conclusion is related to the demonstration of the relationship between the EAZ configuration in the examined power grid and the duration values. Examples of short-circuit times that should be adopted when calculating dynamic forces in a 220 kV switchboard with the assumed risk value were provided.

Piechodai Piotr