

Stan zwarcia. Zwarcie pomiarowe

Stanem zwarcia transformatora nazywamy taki stan, w którym do uzwojenia pierwotnego jest doprowadzone napięcie zasilające, a uzwojenie wtórne jest zwarte.

Napięcie na zaciskach zwartego uzwojenia jest równe zero i dlatego, mimo że prąd w nim płynie, nie wydaje ono mocy na zewnątrz do odbiornika. Moc pobierana przez zwarty transformator pokrywa wyłącznie straty, zamieniając się całkowicie w ciepło.

Zwarcie występujące przy pełnym napięciu zasilającym nazywamy zwarciem awaryjnym. Prąd płynący w uzwojeniach transformatora jest wówczas od kilku do kilkudziesięciu razy większy od prądu znamionowego. Stan ten jest niebezpieczny dla transformatorów z dwóch powodów:

- powstają bardzo duże siły dynamiczne działające na uzwojenia (proporcjonalne do kwadratu prądu),
- całkowita moc pobrana w tym stanie wydziela się w postaci ciepła, co powoduje szybki wzrost temperatury uzwojeń, a w konsekwencji uszkodzenie izolacji. W chwili wystąpienia awarii mamy do czynienia ze stanem nieustalonym, co potęguje skutki zwarcia.

Stan zwarcia może być realizowany celowo, aby na podstawie pomiarów wyznaczyć różne dane charakterystyczne. Zwarcie takie, realizowane w warunkach laboratoryjnych, nazywa się **zwarcie pomiarowym** (lub zwarcie normalnym) i jest ono realizowane przy obniżonym napięciu, tzw. napięciu zwarcia.

Napięcie zwarcia jest to takie napięcie doprowadzone do pierwotnych zacisków transformatora przy zwartym uzwojeniu wtórnym, pod wpływem którego w uzwojeniach transformatora płyną prądy znamionowe. Napięcie zwarcia można określić dla każdej ze stron transformatora (w zależności od tego, po której stronie jest zwarcie) i podaje się je w procentach napięcia znamionowego

$$u_{z\%} = \frac{U_z}{U_N} 100$$

lub w jednostkach względnych

$$u_z = \frac{U_z}{U_N}$$

Napięcia zwarcia transformatorów energetycznych są znormalizowane i zawierają się w granicach (4-15)% U_N (granica dolna dla dużych transformatorów, górna – dla małych).

Napięcie zwarcia można wyrazić jako:

$$U_z = Z_z I_N$$

W przypadku zwarcia awaryjnego prąd płynący w uzwojeniu transformatora przy znamionowym napięciu U_N na jego zaciskach i po ustąpieniu stanu nieustalonego nazywa się ustalonym prądem zwarciovym transformatora I_z . Można napisać, że:

$$U_N = Z_z I_z$$

Dzieląc stronami równania otrzymamy:

$$\frac{U_z}{U_N} = \frac{Z_z I_N}{Z_z I_z}$$

czyli

$$\frac{U_z}{U_N} = \frac{I_N}{I_z}$$

Z zależności tej widać, że ustalony prąd zwarcia transformatora (przy pełnym napięciu) jest tyle razy większy od prądu znamionowego, ile razy napięcie zwarcia jest mniejsze od napięcia znamionowego. Na przykład dla transformatora o napięciu zwarcia równym 5% prąd zwarcia wynosi $20 I_N$, gdyż:

$$\frac{5\%}{100\%} = \frac{I_N}{I_z} \text{ zatem } I_z = 20 I_N$$