

HENRYK KOWALOWSKI

Katedra Maszyn Elektrycznych

LITY WIRNIK TURBOGENERATORA
W ZMIENNYM POLU MAGNETYCZNYM

/Streszczenie referatu wygłoszonego na drugim seminarium elektromaszynowym w dniu 19.VI.1959 r./

Projektowanie i eksploatacja maszyn synchronicznych wielkiej mocy stawia coraz większe wymagania odnośnie uzyskiwania właściwych i możliwie pełnych danych o parametrach tych maszyn, charakteryzujących pracę maszyny w różnych warunkach.

Bardzo duże znaczenie dla praktyki posiada praca maszyny synchronicznej przy obrotach niesynchronicznych /problemy pracy asynchronicznej turbogeneratorów, w tym rozruch asynchroniczny maszyn synchronicznych/, praca przy obciążeniach asymetrycznych, kołysania oraz wszelkie stany nie **ustalone**.

W referacie rozpatrzono bliżej parametry, które wnosi lity wirnik maszyny, który przy pracy asynchronicznej, przy niesymetrycznym obciążeniu, czy też przy stanach przejściowych znajduje się pod działaniem zmiennego pola magnetycznego.

W szczególności wchodzi tu sposoby określenia stałej czasowej uzwojenia wzbudzenia przy otwartym uzwojeniu twornika, a także parametry wirnika przy obrotach niesynchronicznych i asymetriach.

W istniejących pracach znanych autorowi /np. J.A.Syromiatnikow - Reżimy roboty synchronnych turbogeneratorów GEJ 1952/ sposoby określania parametrów obwodów magnetyczny z uwzględnieniem parametrów obwodów wirnika równoważnych obwodom dla prądów wirowych, opierają się głównie na metodach doświadczalnych.

Dane uzyskane przy użyciu metod eksperymentalnych, zresztą niezwykle pożyteczne dla praktyki eksploatacyjnej, badacz lub konstruktor traktować musi jako wielkości

uzupełniające i potwierdzające /sprawdzające/ wzory obliczeniowe wyprowadzone przy pomocy rozważań teoretycznych.

Referat ogranicza się do krótkiego omówienia problemów związanych z wyprowadzeniem dokładniejszego wzoru dla określenia parametrów, równoważnych parametrom obwodów prądów wirowych w litej odkuwce wirnika - r_{st} , x_{st} , których znajomość potrzebna jest przy badaniu pracy asynchronicznej niejawnobiegunowej maszyny synchronicznej.

Rozwiązanie tego problemu, odnoszącego się do zjawiska rozprzestrzeniania się energii magnetycznej w ferromagnetycznym ośrodku, z różną od zera, o skończonej wartości przewodnością elektryczną, sprowadza się do rozwiązania układu równań różniczkowych pola elektromagnetycznego /równań Maxwell'a/:

$$\text{rot } \vec{H} = \gamma \vec{E} = \frac{\vec{E}}{\rho} = \delta \quad \dots\dots\dots /1/$$

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad \dots\dots\dots /2/$$

$$B = f(H) \quad \dots\dots\dots /3/$$

Jedną z zasadniczych trudności zadania polega na złożoności zależności indukcji magnetycznej od natężenia pola. Związek pomiędzy B i H jest nieliniowy i oprócz tego wieloznaczny /wchodząca i schodząca gałąź pętli histerezy/.

Przy określonych założeniach upraszczających, umieszczając wirnik w cylindrycznym układzie osi współrzędnych r, φ, z , dla określenia zespolonej amplitudy gęstości prądu w litym wirniku δ otrzymuje się z /1/ i /2/ równanie różniczkowe:

$$\frac{\partial^2 \delta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \delta}{\partial r} - \delta \left(\alpha^2 j + \frac{\mu_\varphi \varphi^2}{\mu_r r^2} \right) = 0$$

gdzie

$$\alpha^2 = 4\pi \omega \gamma \mu_\varphi,$$

którego rozwiązanie otrzymuje się przy pomocy funkcji Bessel'a.

Znając prawo rządzące rozplywem prądów w beczce można metodą pośrednią określić analitycznie wyrażenie dla

równowaznych oporności litego wirnika turbogenerators. Wyznacza się w tym celu moc pochłoniętą przez masywny wirnik o danych wymiarach i przy danych obrotach, przeniesioną tam za pośrednictwem pola wirującego szczeliny. Tę stratę energii przyrównuje się dalej do strat powstałych w pewnym umownym uzwojeniu rozłożonym na powierzchni wirnika z liczbą faz - m i z liczbą zwojów zastępczych $W_{zast} = K_w \cdot w_1$, równą liczbie efektywnych zwojów twornika. Pozwala to obliczyć oporności tego uzwojenia, czyli oporności równoważne opornościom masywnego wirnika sprowadzone na stronę twornika /ułatwione operowanie schematami zastępczymi/.

W referacie przeprowadza się dyskusję wyprowadzonego wyrażenia dla r_{st} i x_{st} , które doprowadza się do uproszczonej formy, nadającej się do praktycznych obliczeń inżynierskich.

Formuły dla r_{st} i x_{st} uwzględniają wymiary odkuwki wirnika /w tym żłobkowanie/ i elektromagnetyczne właściwości materiału beczki. Posługując się tymi wyrażeniami można obliczyć charakterystykę danego turbogenerators przy pracy asynchronicznej.