Klasa 2tc, maszyny i urządzenia elektryczne, 4godz/tyg, 15- 19czerwca 2020

Kontakt: dziennikiem lub na adres jszczepaniak@zsp1piotrkow.edu.pl

Poniżej zamieszczono skany z podręcznika dotyczące OGÓLNYCH WIADOMOSCI O MASZYNACH SYNCHRONICZNYCH.
Podobnie jak w poprzednim tygodniu przy skanach zamieszczam pytania, które pomogą Wam zwrócić uwagę na najistotniejsze kwestie. W razie wątpliwości proszę pisać.

7. Maszyny synchroniczne

Generatory synchroniczne są maszynami o największej mocy jednostkowej i zainstalowane w elektrowniach dostarczają energię do systemu elektroenergetycznego. Ale również silniki synchroniczne, szczególnie małej mocy, są coraz częściej stosowane ze względu swoje właściwości ruchowe.
Z tego rozdziału dowiesz się, jak są zbudowane i jak działają maszyny synchroniczne, jakie cechy je charakteryzują, jakie są ich właściwości ruchowe. Poznasz także ich zastosowania. Znajdziesz również podstawowe informacje związane z eksploatacją maszyn synchronicznych.

7.1. Wiadomości ogólne

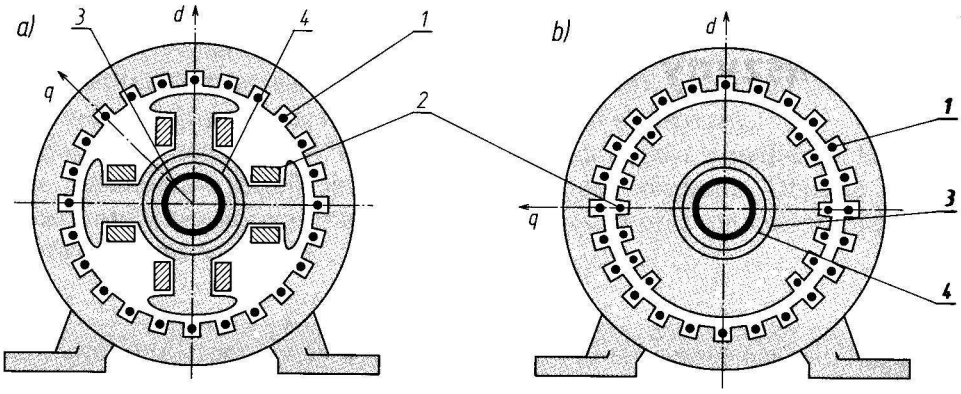
Maszyną synchroniczną nazywa się maszynę prądu przemiennego, której wirnik w stanie ustalonym obraca się z taką samą prędkością, z jaką wiruje pole magnetyczne.

Między prędkością obrotową maszyny synchronicznej n (w obr/min), liczbą par biegunów magnetycznych p i częstotliwością f (w Hz) występuje stała zależność:

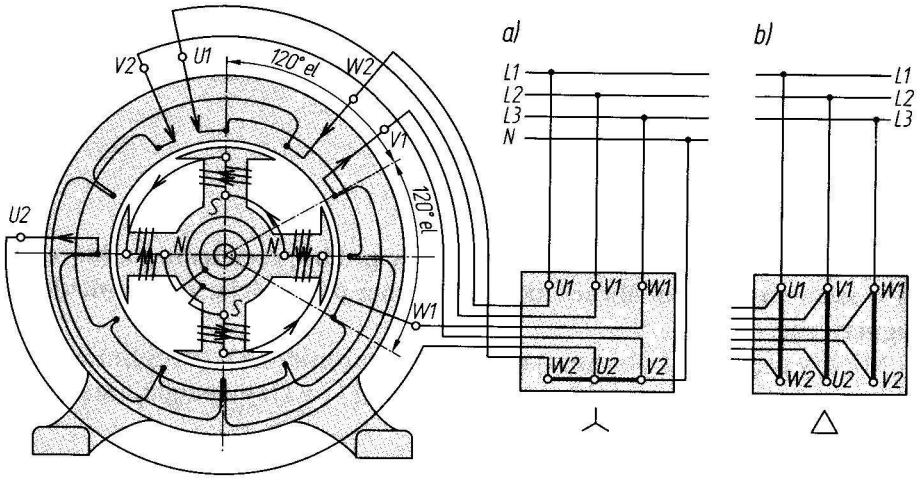
$$f = \frac{pn}{60} \tag{7.1}$$

Strumień magnetyczny w maszynie synchronicznej może być wytwarzany przez magnes trwały lub — znacznie częściej — przez elektromagnes. Bieguny magnetyczne wytwarzające stały w czasie strumień magnetyczny są najczęściej umieszczone w wirniku zwanym **magneśnicą**. Jeżeli strumień jest wytwarzany przez elektromagnes, to uzwojenie magnesów (może być ono skupione lub rozłożone — **rys. 7.1**) jest zasilane prądem stałym zwanym **prądem wzbudzenia**.

W **stojanie** (zwanym **twornikiem**) jest umieszczone uzwojenie prądu przemiennego **jednofazowe** lub znacznie częściej **trójfazowe** (**rys. 7.2**). Prąd wzbudzenia jest pobierany zwykle z obcego źródła, np. z obwodu prądu stałego zasilanego z prostownika, baterii akumulatorów lub prądnicy prądu stałego (zwanej **wzbudnicą**), która może być umieszczona na wspólnym wale z maszyną synchroniczną. Moc potrzebna do wzbudzenia maszyny synchronicznej na ogół nie



Rys. 7.1. Przekrój poprzeczny maszyny synchronicznej: a) z wirnikiem jawnobiegunowym (z uzwojeniem skupionym); b) z wirnikiem cylindrycznym (z uzwojeniem rozłożonym)
1 — uzwojenie stojana, *2* — uzwojenie wirnika, *3* — szczotki, *4* — pierścienie połączone z końcem uzwojenia wirnika, *d* i *q* — osie maszyny



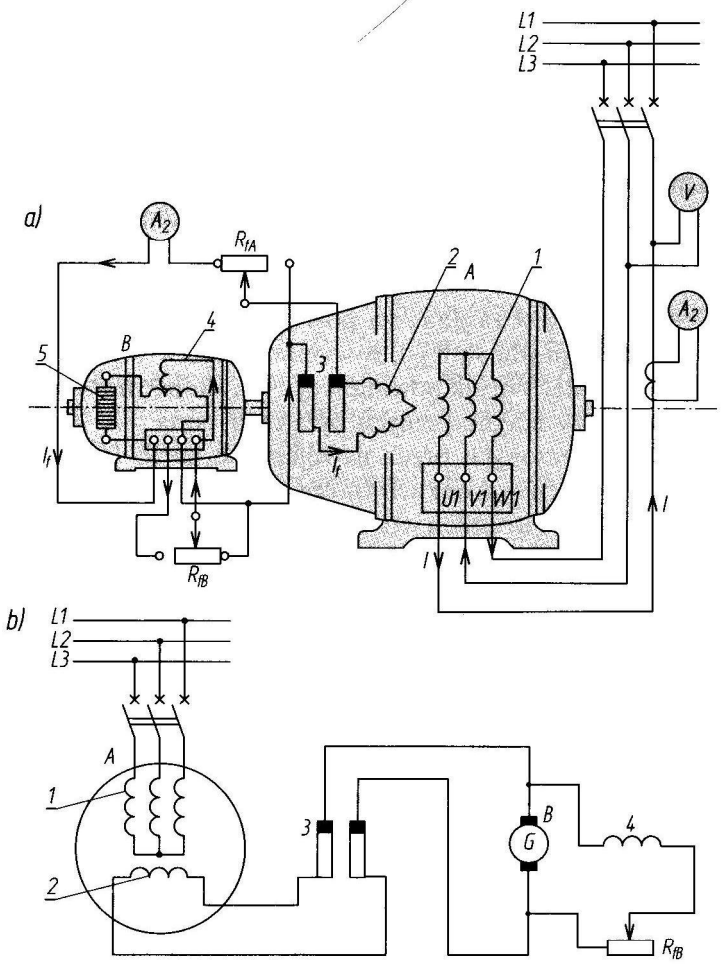
Rys. 7.2. Maszyna synchroniczna trójfazowa (schemat ideowy)

przekracza 1% jej mocy znamionowej (**rys. 7.3**). W małych maszynach uzwojenie wzbudzające jest umieszczone w stojanie, wówczas stojan jest magneśnicą, a wirnik — twornikiem (**rys. 7.4**). W dużych maszynach taka budowa jest niecelowa, gdyż odprowadzenie dużych prądów z wirnika wymagałoby dużych wymiarów szczotek i pierścieni.

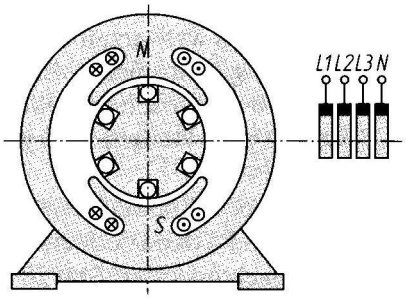
Maszyny synchroniczne mogą pracować jako:

- prądnice,
- silniki,
- kompensatory synchroniczne.

Jeżeli uzwojenie wzbudzające jest zasilane prądem stałym, to wytworzy się strumień Φ_f. Przy napędzaniu wirnika ze stałą prędkością n strumień



Rys. 7.3. Maszyna synchroniczna trójfazowa (A) połączona ze wzbudnicą (B) i siecią elektryczną (*L1*, *L2*, *L3*): a) schemat ideowy; b) schemat połączeń
1 — uzwojenie twornika (w stojanie), *2* — uzwojenie wzbudzające prądnicy synchronicznej (w wirniku), *3* — pierścienie ślizgowe wirnika prądnicy synchronicznej, *4* — uzwojenie wzbudzające wzbudnicy (prądnica bocznikowa), *5* — komutator wzbudnicy połączony z uzwojeniami twornika umieszczonymi na wirniku



Rys. 7.4. Przekrój trójfazowej maszyny synchronicznej o wzbudzeniu elektromagnetycznym z biegunami wydatnymi na stojanie

magnetyczny skojarzony z daną fazą uzwojenia stojana zmienia się sinusoidalnie i indukuje w tej fazie napięcie, które również zmienia się sinusoidalnie. Jeżeli w tworniku znajduje się uzwojenie trójfazowe, to indukuje się w nim układ napięć trójfazowych. Maszyna przetwarza doprowadzoną do niej energię mechaniczną na elektryczną, czyli jest prądnicą.

W sytuacji odwrotnej, gdy uzwojenie stojana jest zasilane z sieci symetrycznym prądem trójfazowym o częstotliwości f_1, to powstanie pole magnetyczne wirujące (p. 5.2) z prędkością $n_1 = \frac{60f_1}{p}$.

Uzwojenie wirnika jest zasilane za pośrednictwem pierścieni ślizgowych, z oddzielnego źródła prądu stałego, w wyniku czego w wirniku wytworzy się pole magnetyczne stałe. Wirnik powinien być tak skonstruowany, aby wytworzona liczba biegunów magnetycznych była taka sama, jak liczba biegunów magnetycznych wytworzonych przez uzwojenie stojana. Przy nieruchomym wirniku powstaje w tych warunkach moment przemienny, którego wartość średnia jest równa zero (strumień wirujący napotyka kolejno bieguny różnych znaków, pociągając je raz w jednym, raz w drugim kierunku). Gdyby jednak wirnik doprowadzić do prędkości wirowania pola stojana n_1, podążałby on za polem magnetycznym stojana, utrzymując się w stanie synchronizmu wskutek działań dynamicznych występujących między polem stojana i wirnika. Tylko w tych warunkach może powstać moment elektromagnetyczny, zwany **momentem synchronicznym**. Maszyna elektryczna może napędzać maszynę roboczą — pobierając moc elektryczną, przetwarza ją w moc mechaniczną i dlatego pracuje jako silnik. Praca jest możliwa tylko przy jednej (synchronicznej) prędkości, dlatego maszynę taką nazywa się **maszyną synchroniczną**. Jeżeli moment obciążający silnik synchroniczny będzie się zwiększać, to spowoduje to opóźnienie wirnika w stosunku do wirującego pola stojana o pewien kąt, ale wirnik będzie dalej wirował synchronicznie, gdyż — dzięki kątowi rozchylenia między strumieniami stojana i wirnika oraz przyciąganiu się tych strumieni — powstaje moment obrotowy równoważący zewnętrzny moment hamujący. Gdyby jednak silnik został obciążony momentem większym niż maksymalny moment elektromagnetyczny, jaki występuje przy kącie zawartym między osiami pól magnetycznych stojana i wirnika równym 90°, silnik wypadłby z synchronizmu i się zatrzymał.

Maszyny synchroniczne znajdują podstawowe zastosowanie jako prądnice, nazywane generatorami synchronicznymi, i są instalowane we wszystkich elektrowniach w celu wytwarzania energii elektrycznej dla wielu odbiorców.

Maszyny synchroniczne są wykorzystywane również jako **silniki synchroniczne** w układach napędowych o bardzo specyficznych wymaganiach (p. 7.5) oraz jako **kompensatory synchroniczne**, czyli **generatory mocy biernej** (p. 7.6.1).

Zakres mocy produkowanych obecnie maszyn synchronicznych zawiera się w granicach od kilkudziesięciu W (mikrosilniki synchroniczne) do 1500 MW przy napięciach od kilku V do 28 kV.

Sprawdź, czy pamiętasz

1. Podaj definicję maszyny synchronicznej.
2. Jakie zastosowanie znajdują maszyny synchroniczne?
3. Wyjaśnij jak działa prądnica synchroniczna.
4. Wyjaśnij jak działa silnik synchroniczny.
5. Jaki jest zakres mocy obecnie produkowanych maszyn synchronicznych?