**Maszyny elektryczne**

Maszyna elektryczna jest urządzeniem elektromechanicznym przetwarzającym, za pośrednictwem pola magnetycznego, energię elektryczną w energię mechaniczną lub odwrotnie, z udziałem ruchu. Przemiany energii elektrycznej na energię elektryczną o innych parametrach, bez udziału ruchu, zachodzą np. w transformatorach i przetwornicach elektrycznych.
 W transformatorach jak i w maszynach elektrycznych zachodzą zjawiska wspólne, związane z indukcją elektromagnetyczną.
 Najliczniejszą grupę maszyn elektrycznych stanowią silniki elektryczne, szeroko stosowane w przemyśle, komunikacji i transporcie, rolnictwie, a także w napędach urządzeń gospodarstwa domowego. Silniki elektryczne prądu przemiennego są obecnie największą grupą odbiorników energii elektrycznej w świecie.

Ze względu na rodzaj prądu i zasadę działania maszyny elektryczne dzieli się na:
1. maszyny prądu przemiennego:
a) maszyny synchroniczne,
b) maszyny indukcyjne (asynchroniczne);
 - jednofazowe,
 - trójfazowe,

c) maszyny komutatorowe prądu przemiennego:
- jednofazowe,

- wielofazowe.

 2. maszyny prądu stałego.W zależności od rodzaju energii przetwarzanej, każda maszyna elektryczna może pracować jako prądnica lub silnik (bez zasadniczych zmian konstrukcyjnych).
 Z tego względu rozróżnia się:
**- prądnice**- przetwarzające energię mechaniczną na elektryczną;
**- silniki**- przetwarzające energię elektryczną na mechaniczną;
**- przetwornice**- przetwarzają energię elektryczną na taką samą energię lecz o innych parametrach,
 np. przetwornice: prądu, napięcia, częstotliwości.

 **2. Podstawowe parametry maszyn elektrycznych**

 Każdą maszynę elektryczną charakteryzują znamionowe wartości wielkości elektrycznych i mechanicznych, do których należą: moc, napięcie, prąd, prędkość obrotowa i inne. Ustalone przez wytwórcę dane znamionowe odnoszą do pracy maszyny w określonych warunkach klimatycznych, tj. w miejscu zainstalowania położonym na powierzchni ziemi na wysokości do 1000 m n.p.m., gdzie temperatura otoczenia nie przekracza 40oC.
 Jeżeli maszyna pracuje w temperaturze wyższej niż 40o*C*, to obciążenie maszyny powinno być odpowiednio mniejsze niż moc znamionowa. W maszynach przeznaczonych do pracy na wysokości ponad 1000 m n.p.m. dopuszczalne przyrosty temperatury powinny być przyjmowane zgodnie z PN-EN 60034-1:2011

Maszyny elektryczne wirujące :

**Dane znamionowe i parametry.**

Do znamionowych wielkości elektrycznych charakteryzujących każdą maszynę elektryczną należą:
 **1) Napięcie znamionowe***U*N, w V, jest to:
 - wartość skuteczna napięcia przemiennego międzyfazowego dla maszyn trójfazowych
- wartość napięcia stałego, dla maszyn prądu stałego).
 Napięcia znamionowe maszyn i urządzeń elektrycznych (zalecane dla silników):
a) maszyn i urządzeń prądu stałego: 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, 110, 220, 440 V.
b) maszyn i urządzeń prądu przemiennego: 6, 12, 24, 48, 110, 120, 230, 400, 690, 1000, 3000,6000.
Napięcia znamionowe prądnic są wyższe o około 5%;
**2) Prąd znamionowy In**, w A, jest to wartość skuteczna prądu przemiennego lub wartość prądu stałego
pobieranego z sieci elektroenergetycznej przy obciążeniu maszyny mocą znamionową w stanie nagrzanym (w przypadku prądnic i kompensatorów jego wartość wynika z wartości mocy i napięcia znamionowego);i napięcia znamionowego). Jest to wartość skuteczna prądu przemiennego lub wartość prądu stałego;
**3) Moc znamionową silnika*P*N**jest mocą mechaniczną oddawaną przez silnik.

*P*N=*P*in*η*N

 Podstawowy wzór na moc znamionową ma postać:
- dla trójfazowych silników prądu przemiennego:

*P*N= √3*U*N*I*Ncos*φ**η*N

- dla jednofazowych silników prądu przemiennego:

*P*N=*U*N*I*Ncos*φ*N*η*N

- dla silników prądu stałego:

*P*N=*U*N*I*N*η*N przy czym:
 *P*N - moc znamionowa silnika, w W;
 *P*in - moc pobierana przez silnik, w W;
*U*N - napięcie znamionowe, w V;
 *I*N - prąd znamionowy, w A;
*n*N - znamionowa prędkość obrotowa, obr/min;
*η*N - znamionowa sprawność;
 cos*φ*N - znamionowy współczynnik mocy.

 Moc znamionowa silnika jest to moc, którą maszyna może dostarczyć bez przekroczenia dopuszczalnej temperatury nagrzania. Jeżeli została podana moc znamionowa *P*N przy określonej prędkości obrotowej *n*N,
 to jest ona obowiązująca również przy określonym rodzaju pracy: ciągłej, dorywczej lub nieokreślonej.
 **4) Moc znamionowa i prędkość obrotowa silników elektrycznych małej mocy:**
a) moc znamionowa w W:
 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 90; 120; 180; 250; 370; 550; 750; 1100; 1500; 2200; 3000,
 b) prędkość obrotowa, w obr/min.:
- silniki prądu przemiennego i uniwersalne:375; 500; 600; 750; 1000; 1500; 3000; 4000; 6000; 10 000; 12 000; 15 000; 18 000; 20 000; 24 000,
- silniki prądu stałego:
400; 500; 600; 750; 1000; 2000; 3000; 4000; 5000; 6 000; 8 000; 10 000; 12 000; 15 000;
20 000; 22 000; 30 000; 40 000; 60 000, Dla silników indukcyjnych podano prędkość obrotową synchroniczną

**5) Moment znamionowy silnika *M*N**, w Nm (niutonometry). Jeżeli *P*N jest w kW, a *n*N w obr/min, to:



 **3. Rodzaje pracy maszyn elektrycznych**

 Zgodnie z PN-EN 60034-1:2009 Maszyny elektryczne wirujące -- Część 1: Dane znamionowe i parametry, znamionowy rodzaj pracy maszyny jest określany w postaci symbolu składającego się z litery S i cyfr od 1 do 10.
 Wyróżnia się następujące rodzaje pracy maszyn elektrycznych:
**S1- praca ciągła;** praca ze stałym obciążeniem, trwającym do osiągnięcia stanu równowagi cieplnej. Przyrosty temperatury czynnych części maszyny nie większe niż 2oC w ciągu godziny);
**S2- praca dorywcza;** praca ze stałym obciążeniem trwającym krócej niż czas potrzebny do osiągnięcia równowagi cieplnej oraz następującym później postojem trwającym tak długo, aż maszyna stanie się praktycznie zimna. Znormalizowany czas pracy wynosi: 10, 30, 60 i 90 minut;
**S3- praca okresowa przerywana;** praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy. Każdy z tych okresów obejmuje czas pracy ze stałym obciążeniem i czas postoju. Dla tego rodzaju pracy względny czas pracy wynosi: 15, 25, 40 i 60 minut;
**S4- praca okresowa przerywana z rozruchem;** praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje znaczący (ze względów cieplnych) czas rozruchu, czas pracy z obciążeniem stałym i czas postoju;
**S5- praca okresowa przerywana z hamowaniem elektrycznym;**praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje czas rozruchu, czas pracy z obciążeniem stałym, czas hamowania elektrycznego i czas postoju,

**S6- praca okresowa długotrwała z przerywanym obciążeniem;** praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje czas pracy z obciążeniem stałym i czas pracy przy biegu jałowym. W tym przebiegu nie występuje czas postoju;
**S7- praca okresowa długotrwała z hamowaniem elektrycznym;**praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje czas rozruchu, czas pracy z obciążeniem stałym i czas hamowania elektrycznego.
**S8- praca okresowa długotrwała ze zmianami prędkości obrotowej;** praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje czas z obciążeniem stałym odpowiadającym określonej uprzednio prędkości obrotowej i jednego lub kilku czasów pracy z innymi obciążeniami odpowiadającym innym prędkościom obrotowym. Jest to praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje czas rozruchu, czas pracy z obciążeniem stałym;

**S9- praca z nieokresowymi zmianami obciążenia i prędkości obrotowej;**praca, przy której obciążenie i prędkość obrotowa zmieniają się na ogół nieokresowo w dopuszczalnym zakresie pracy. Ten przebieg pracy obejmuje często przeciążenia, które mogą znacznie przekraczać obciążenie odniesienia;
**S10- praca z określonymi obciążeniami stałymi;**praca obejmująca nie więcej niż cztery określone wartości obciążenia (lub obciążenia równoważnego), z których przy każdej wartości obciążenia trwającego dostatecznie długo maszyna może osiągnąć równowagę cieplną. Minimalne obciążenie w pewnym okresie pracy może mieć wartość równą zero.

#### ****4. Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy maszyn elektrycznych****

 Obudowa maszyny elektrycznej chroni obsługę przed dotknięciem zarówno części będących pod napięciem, jak i części ruchomych znajdujących się we wnętrzu maszyny lub osłony. Chroni również maszynę przed przedostaniem się do jej wnętrza obcych ciał stałych i wody.

Wymagania stawiane obudowom maszyn elektrycznych są określone w następujących normach:
- PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP);
- PN-EN 60529:2003/A2:2014-07 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP);

**Stopnie ochrony** zapewniane przez obudowy maszyn elektrycznych oznacza się symbolem IP (ang. international protection) oraz dwoma cyframi, które określają cechy obudowy odpowiadające stopniom ochrony:
 - przed dotknięciem części pod napięciem lub części ruchomych oraz przed dostaniem się ciał
stałych (pierwsza cyfra oznaczenia);

 - przed przedostaniem się wody do wnętrza maszyny (druga cyfra).

Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy maszyn elektrycznych przedstawia tablica 1:

**Tablica 1. Stopnie ochrony** **zapewniane przez obudowy maszyn elektrycznych**


 1) Kod IP oznaczony czerwonym drukiem – osłony do pomieszczeń wilgotnych
2) Kod IP napisany kursywą – osłony do pomieszczeń mokrych

W silnikach elektrycznych stosowane są materiały izolacyjne klasy A, E, B, F i H. Do wyznaczania temperatury lub jej przyrostu drogą pomiarów stosowane są metody: rezystancyjna (oporowa), wbudowanych czujników temperatury, termometrowa oraz superpozycji.

Każdy rodzaj obudowy maszyny charakteryzuje określony stopień ochrony.
 Stosowane rodzaje obudowy maszyn elektrycznych (oznaczone literami w nawiasach) i odpowiadające im stopnie ochrony są następujące:
 - obudowa otwarta **(A)** IP00, IP10,
- obudowa chroniona **(B)** IP12, IP22,
- obudowa okapturzona **(C)** IP23, IP33,
- obudowa zamknięta **(Z)** IP55, IP56, IP44
- obudowa wodoszczelna **(W)** IP57, IP58,
 - obudowa głębinowa **(G)**- IP67, IP68.

**Nagrzewanie się maszyn elektrycznych**
Praca maszyny elektrycznej związana jest zwykle z nagrzewaniem się jej poszczególnych części i odpowiednim sposobem chłodzenia. Ogólnie przyjęto, że normalne warunki chłodzenia maszyny elektrycznej zainstalowanej na wysokości do 1000 m n.p.m. występują, gdy czynnik chłodzący nie przekracza temperatury 40oC, a w przypadku chłodzenia wodą z zastosowaniem chłodnic - temperatura wody na wlocie nie przekracza 25oC.
Graniczne wartości przyrostów temperatury poszczególnych części maszyn elektrycznych chłodzonych powietrzem określa norma PN-EN 60034-1:2005, zmieniona na PN-EN 60034-1:2009 Maszyny elektryczne wirujące -- Część 1: Dane znamionowe i parametry.

**Chłodzenie maszyn elektrycznych**
 Chłodzenie maszyn elektrycznych stosuje się w celu ograniczenia nagrzewania się maszyny w czasie pracy ponad dopuszczalny przyrosty temperatury. Jako czynnik chłodzący wykorzystuje się najczęściej: powietrze, wodór, wodę i olej. Intensywność chłodzenia poprawia się np. przez zastosowanie kanałów wentylacyjnych lub przez zwiększenie powierzchni, przez którą będzie oddawane ciepło wytworzone w maszynie (przez żebrowanie obudowy, stosowanie radiatorów, itp.).

Ze względu na obieg czynnika chłodzącego rozróżnia się chłodzenie:
 -**naturalne** - czynnik chłodzący jest wprowadzany przez wirujące części wirnika,
 - **wymuszone własne** - czynnik chłodzący jest wprowadzany przez wentylator(y)osadzone na wale maszyny,
 - **wymuszone obce** - czynnik chłodzący jest wprowadzany przez obcy wentylator lub pompę.

Chłodzenie maszyny może być stosowane:

**- w obiegu otwartym** - gdy czynnik chłodzący jest pobierany i po ochłodzeniu maszyny oddawany do otoczenia; występuje ciągła wymiana czynnika chłodzącego,
**- w obiegu zamkniętym** - jeżeli czynnik chłodzący krąży pomiędzy maszyną a chłodnicą; w procesie
chłodzenia bierze udział stale ta sama ilość czynnika chłodzącego.

 Sposób chłodzenia oznaczony symbolem IC (ang. international cooling) określa norma PN-EN 60034-6:1999P Maszyny elektryczne wirujące -- Sposoby chłodzenia (kod IC).
Do oznaczania sposobów chłodzenia stosuje się symbole składające się z liter **IC** i następującej po nich litery oznaczającej czynnik chłodzący:
**A** - powietrze,
**H**- wodór,
**W**- woda,
**U**- olej,

oraz z dwóch cyfr, z których pierwsza oznacza układ obwodu wentylacyjnego, a druga - sposób wprowadzenia go w ruch.