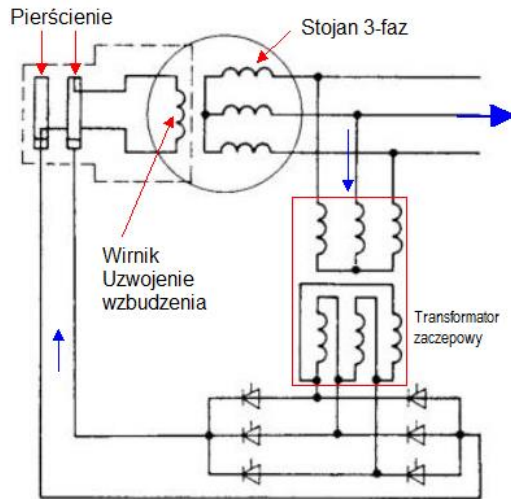
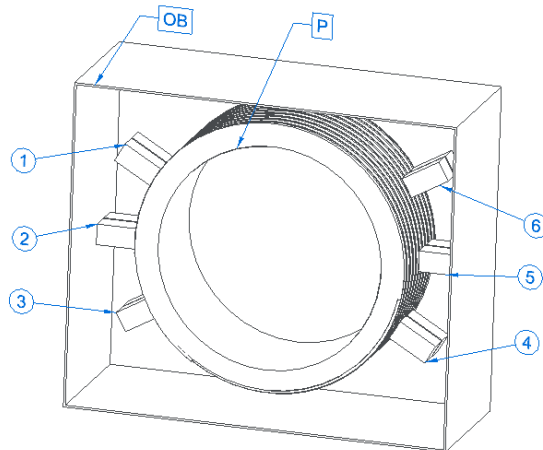


Projekt urządzenia szczotkowego

Zaprojektować urządzenie szczotkowe wraz z obudową
Statyczny układ wzbudzenia:



Schemat elektryczny



Proj. Koncepcyjny urz. szczotkowego

Dane wejściowe

Zgodne z danymi do projektu generatora

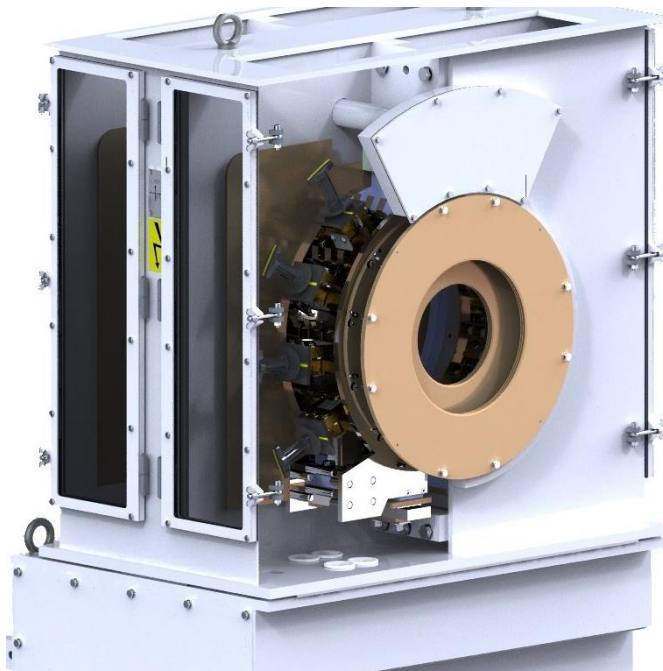
Obliczenia

- Ilość szczotek dla danego generatora
- Straty związane z pracą urządzenia szczotkowego

Projekt

- Pierścień ślizgowy (średnica, szerokość, spiralne rowki) – rysunek [P]
- Rozmieszczenie szczotek (z zastosowaniem szczotkotrzymaczy) – szczotki rozmieszczone na obwodzie pierścieni ślizgowych na wycinku okręgu (dostęp do szczotkotrzymaczy) z przesunięciem na szerokości pierścienia w celu równomiernego zużycia powierzchni roboczych pierścieni - rysunek schematyczny pokazujący rozmieszczenie szczotek (1) ... (n) względem pierścienia [P]
- Wielkość (wymiary) obudowy [OB] umożliwiającą wymianę szczotek w czasie pracy – wysokość szczotkotrzymacza do 30 cm

Przykład rozwiązania (bez części filtrująco chłodzącej)



Urządzenie szczotkowe



Szczotka



Szczotkotrzymacz

Obliczenia liczby szczotek

Moc generatora: $S = 20 \div 70$ MVA,
Współczynnik strat: $\cos \varphi = 0,85$;
Częstotliwość: $f = 50$ Hz, 2-biegunowy
Napięcie wzbudzenia $U_w = 200$ V

Moc układu wzbudzenia P_w

Z aproksymacji dla istniejących instalacji używa się szacunkowego wzoru :

$$P_w/\text{kW} = 1,7 \cdot S/\text{MVA} + 100$$

Np. dla 45 MVA \rightarrow 176,5 kW

Prąd wzbudzenia

Prąd wzbudzenia oblicza się z podstawowego wzoru na moc prądu:

$$I_w = P_w/U_w$$

Np. dla 45 MVA \rightarrow 882 A

Do obliczeń przyjmuje się wartość o 5% większą

$$I'_w = 1,05 I_w$$

Parametry urządzenia szczotkowego

Dane szczotek

1. Maksymalna gęstość prądu

$$J_{\max} = 8 \div 9 \text{ A/cm}^2$$

2. Maksymalna prędkość liniowa na styku powierzchni szczotki i pierścienia ślizgowego

$$v_{\max} = 75 \text{ m/s}$$

3. Wymiary szczotek (przekrój) (32×32) mm lub podwójne $(32 \times 20 \times 2)$ mm lub inne.

4. Liczba szczotkotrzymaczy na obwodzie maks. 8 – na kącie umożliwiającym ich wyjęcie z obudowy. Nie można ich zamocować pod i nad pierścieniem bo nie będzie dostępu.

Minimalna ilość szczotek na pierścieni

Dla danego przekroju szczotki $A_{sz} = 32 \text{ mm} \times 32 \text{ mm} \approx 10 \text{ cm}^2$ lub $12,8 \text{ cm}^2$

Liczba szczotek na jeden pierścień

$$N_{sz} = \frac{I'_w}{J_{\max} A_{sz}}$$

Wyniesie od 12 do 18. Inne wyniki należy zaokrąglić w górę do podanego przedziału. Uzyskaną ilość szczotek na jeden pierścień należy rozdzielić na 6 – 8 szczotkotrzymaczy. W każdym 2 – 3 szczotki.

Wymiary pierścienia ślizgowego

Maksymalna średnica pierścienia (z warunku na prędkość liniową) $v_{\max} = \pi D_{\max} f$ wyniesie

$$D_{\max} = \frac{v_{\max}}{\pi f}$$

Czyli 0,47 m – przyjmujemy wartość mniejszą np. $D_p = 400$ mm.

Prędkość liniowa na powierzchni pierścienia:

$$v_{obw} = \pi D_p f$$

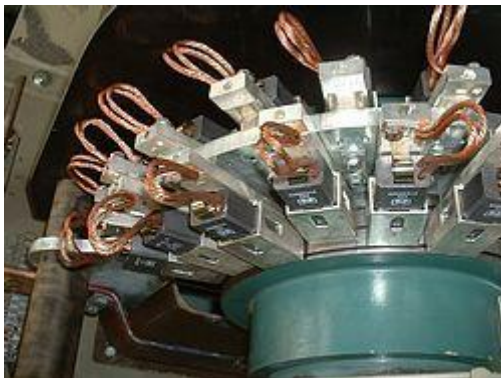
Szerokość pierścienia ślizgowego

Przykłady pierścieni



Szczotki rozmieszczone na obwodzie z założonym przesunięciem poosiowym Δs względem siebie tak aby pokryć całą szerokość z marginesem (min. 10 mm od strony wewnętrznej) z zachowaniem równomierności obciążenia – rozmieszczenia szczotek po szerokości pierścienia.

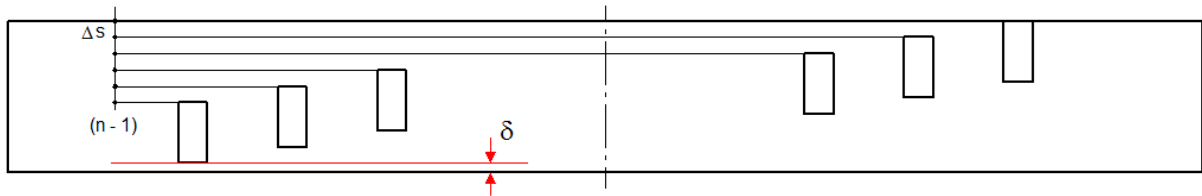
Margines wynika z rozszerzalności cieplnej turbos zespołu (wydłużenie turbiny i generatora około 10 – 12 mm) i przesunięcia wirnika w kierunku na zewnątrz w stosunku do nieruchomej obudowy urządzenia szczotkowego



Przykład rozmieszczenia szczotek po szerokości pierścienia

Geometria pierścienia

Pierścień ślizgowy z wyciętym spiralnie rowkiem - szerokość rowka np. 5 mm, głębokość rowka 5 mm, na brzegu rowka ścięcie 0,5 mm (kąt 45°). Skok spirali np. 16 mm dla szerokości szczotki 32 mm. Spirala w obszarze roboczym pierścienia (spirala tak dobrana aby po obrocie przejść przez całą szerokość szczotki – wielokrotność skoku pokrywa się z szerokością szczotki).



Rozwinięta pobocznica pierścienia z rozmieszczeniem szczotkotrzymaczy:

Δs – przesunięcie poosiowe (to samo dla każdej sąsiadującej pary), n – liczba szczotkotrzymaczy, δ – margines na dylatację.

Straty wynikające pracy szczotek

Straty tarcia

Jest to moc sił tarcia na szczotkach obu pierścieni ($P = F v$)

$$P_T = 2 N_{sz} A_{sz} p \mu_k v_{obw}$$

2 = liczba pierścieni

N_{sz} – liczba szczotek

A_{sz} – przekrój szczotki

μ_k – kinematyczny współczynnik tarcia zakres: 0,1 – 0,2; np. 0,15

p – nacisk na szczotkę, przyjmując 1,5 N/cm²

v_{obw} – prędkość liniowa na obwodzie pierścienia ślizgowego

Straty elektryczne

⚠ Szczotki w danym pierścieniu połączone są równolegle natomiast między pierścieniami szeregowo.

Wynikające z oporu elektrycznego styku szczotki z pierścieniem określonego spadkiem napięcia ΔU , biorąc pod uwagę oba pierścienie

$$P_{styk} = 2 \Delta U I_w$$

Przyjmując spadek napięcia na szczotce: $\Delta U = 5$ V.

Wynikające z oporu R materiału szczotek ($P = I^2 R$):

$$P_{szcz} = 2 I_w^2 \frac{\rho h_{sz}}{N_{sz} A_{sz}}$$

h_{sz} – wysokość szczotki np. 6,5 cm (średnie zużycie szczotek – do 2 mm na 100 h pracy)

ρ – opór właściwy materiału szczotki 0,002 Ω m

Ułamek w wyrażeniu reprezentuje rezystancję szczotek jednego pierścienia, mnożnik 2 uwzględnia szeregowe połączenie szczotek pierścieni.

Całkowite straty na szczotkach

Całkowity strumień ciepła konieczny do odprowadzenia z układu

$$\dot{Q}_{sz} = P_T + P_{styk} + P_{szcz}$$

Odprowadzanie ciepła strat przez wentylację

Strumień powietrza chłodzącego (parametry powietrza dla 50 °C i 1 bar)

$$\dot{V}_{\text{pow}} = \frac{\dot{Q}_{\text{sz}}}{\rho_{\text{pow}} c_p \Delta T}$$

ΔT – wzrost temperatury powietrza (o około 15°C)

ρ_{pow} – gęstość powietrza $\approx 1,2 \text{ kg/m}^3$

c_p – ciepło właściwe powietrza $\approx 1000 \text{ J/(kg K)}$

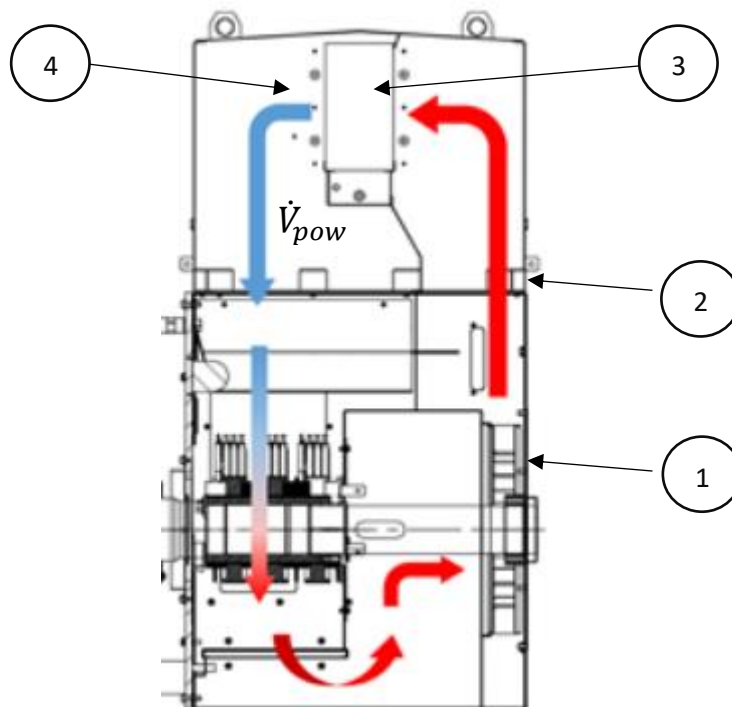
Zapotrzebowanie na moc wentylacji układu szczotkowego

$$P_{\text{wn}} = \frac{\dot{V}_{\text{pow}} \Delta p_{\text{wn}}}{\eta_{\text{wn}}}$$

Δp_{wn} – wymagany spręż wentylatora (500 Pa – 1000 Pa)

η_{wn} – sprawność wentylatora (0,45 – 0,5)

Budowa układu szczotkowego - obieg powietrza (schemat ideowy)



1 – Wentylator; 2 – Filtr wstępny i zasadniczy; 3 – Układ chłodnic wodnych powietrza; 4 – Nawilżacz powietrza

Całkowite straty układu szczotkowego

Całkowite straty układu szczotkowego jest sumą strat na szczotkach i mocy wentylacji:

$$P_{\text{strat}} = \dot{Q}_{\text{sz}} + P_{\text{wn}}$$