

2.2.7. Magnetyczne źródła drgań maszyn.

Jednym z liczących się źródeł napędu jest prąd elektryczny przetworzony w silnikach elektrycznych na energię ruchu. Istota przetwarzania polega tu na wykorzystaniu sił w szczeliny między dwoma obwodami magnetoelektrycznymi. Oznaczmy przez γ położenie katowe rozważanego elementu silnika, przez $d(\gamma,t)$ - bieżące grubość szczeliny powietrznej między wirnikiem i stojanem. Niech $B(\gamma,t)$ jest indukcję magnetyczną w szczeliny, która jak wiadomo [27] jest iloczynem siły magnetomotorycznej $\Phi(\varphi,t)$ i przewodności szczeliny $\Lambda(\varphi,t)$, która z kolei jest proporcjonalna odwrotnie do grubości szczeliny: $\Lambda(\varphi,t) \approx d^{-1}(\varphi,t)$. Wtedy siła normalna (radialna) $p(\varphi,t)$ w szczeliny może być wyrażona w postaci:

$$p(\varphi,t) = \frac{B^2(\varphi,t)}{2\mu_0} = \frac{1}{2\mu_0} \Phi^2(\varphi,t) \Lambda^2(\varphi,t), \quad (2.3)$$

gdzie μ_0 jest przewodnością magnetyczną powietrza w szczeliny. Siła magnetomotoryczna zmienia się wraz z częstotliwością zasilania sieci ω_z , stąd $\Phi(\varphi,t) = b(\varphi) \cos \omega_z t$, natomiast przewodność szczeliny Λ zależy od liczby biegunów p stojana i wirnika i w pierwszym przybliżeniu można aproksymować wyrażeniem $\Lambda(\varphi,t) \approx \lambda_0 + \lambda_1 \cos(\omega_0 p t)$ gdzie ω_0 to częstota obrotowa silnika, p liczba par biegunów. Podstawiając nasze oszacowania do wzoru (2.3) znajdziemy

$$p(\varphi,t) = \frac{b^2(\varphi)}{2\mu_0} \frac{1 + \cos(2\omega_z t)}{2} (\lambda_0 + 2\lambda_0 \lambda_1 \cos \omega_0 p t + \frac{\lambda_1^2 (1 + \cos(2\omega_0 p t))}{2}) \quad (2.4)$$

Jak widać z powyższego uproszczonego oszacowania, siła wymuszająca drgania elementów silnika będzie miała składowe o następujących częstotliwościach:

- podwójnej częstotliwości zasilania $2\omega_z$, co zwykle dla materiałów ferromagnetycznych nosi nazwę magnetostrykcji,
- częstotliwości zależnej od obrotów ω_0 i liczby par biegunów p , czyli- $p \omega_0$, oraz jej drugiej harmonicznej $-2p \omega_0$,
- częstotliwości sumacyjno-różnicowych: $2\omega_z$ i $p \omega_0$ oraz $2\omega_z \pm 2p \omega_0$.

Widać stad, że w najprostszym przypadku w widmie siły $p(\varphi,t)$ znajdziemy aż sześć składowych widmowych wymuszających drgania. Jeśli uprzytomnimy sobie, że prąd zasilania nie zawsze jest czystą sinusoidą a przewodność magnetyczna szczeliny nie da się na ogół aproksymować jedną harmoniką, to stwierdzimy jak bardzo bogate musi być widno drgań silnika. Bogate w ciąg harmonicznych zasilania $l \omega_z$ oraz w ciąg harmonicznych sumacyjno-różnicowych $l \omega_z \pm n p \omega_0$ ($l, n = 0, 1, 2, \dots$), wynikających z liczby biegunów. Jeśli dołączymy do tego przetwarzanie błędów produkcyjno-montażowych i eksploatacyjnych (owalność stojana, asymetria pola itd.) na harmoniczne siły magnetomotorycznej to będziemy mieć właściwy obraz widmowy źródeł drgań silnika elektrycznego [6]. Mówiąc dalej obrazowo wymuszenie o tak gęstym widmie zawsze napotka rezonanse konstrukcji silnika dając w efekcie liczące się amplitudy drgań.