

**Wyznaczanie rezystancji dodatkowych  
poszczególnych stopni rozrusznika oporowego  
w układzie napędowym  
z asynchronicznym silnikiem pierścieniowym**

**PAWLAK**  
AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA

[www.pawlak-automatyka.pl](http://www.pawlak-automatyka.pl)

## **Wstęp**

Do napędu maszyn przemysłowych o ciężkim rozruchu stosuje się asynchroniczne silniki pierścieniowe. W trakcie rozruchu w tego rodzaju układach napędowych prędkość obrotowa regulowana jest poprzez wyłączenie kolejnych stopni rezystora rozruchowego wraz z nabieraniem prędkości przez maszynę elektryczną. W niniejszym dokumencie zaprezentowano metodę wyznaczania wartości rezystancji dodatkowych rozrusznika oporowego w układzie napędowym z asynchronicznym silnikiem pierścieniowym.

## Wyznaczanie rezystancji dodatkowych poszczególnych stopni rozrusznika

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0}$$

$$R_2 = \frac{P_n s_n}{3(1 - s_n) I_{2n}^2}$$

$$R_{d1} = \sqrt{\left(\frac{E_{20}}{I_{2\max}}\right)^2 - \frac{R_2^2}{s_n^2 (p_M + \sqrt{p_M^2 - 1})^2}} - R_2$$

gdzie:

$s_n$  – poślizg znamionowy

$n_0$  – prędkość synchroniczna (zależy od liczby par biegunów)

$n_n$  – prędkość znamionowa

$R_2$  – rezystancja uzwojenia wirnika (na fazę)

$P_n$  – moc znamionowa silnika

$I_{2n}$  – maksymalny prąd rozruchowy w punkcie znamionowym

$R_{d1}$  – rezystancja dodatkowa na pierwszym stopniu rozruchowym

$E_{20}$  – sem transformacji w obwodzie wirnika (na fazę)

$I_{2\max}$  – maksymalny prąd rozruchowy

$p_M$  – przeciążalność momentem ( $p_M = \frac{M_k}{M_n}$ )

Przykład obliczenia rezystancji dodatkowych poszczególnych stopni rozrusznika:

Dane silnika:  $P_n = 37 [kW]$ ,  $n_n = 970 \left[ \frac{obr}{min} \right]$ ,  $E_{20} = 280 [V]$ ,  $I_{2n} = 86 [A]$ ,

$$p_M = \frac{M_k}{M_n} = 2$$

Założenie: moment oporowy jest niezależny od prędkości obrotowej i wynosi

$$M_m = 0,8M_n; \text{ ponadto } I_{2\max} = 1,8I_{2n} = 1,8 \cdot 86 = 154,8 [A],$$

$$I_{2\min} = 0,9I_{2n} = 0,9 \cdot 86 = 77,4 [A]$$

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03$$

$$R_2 = \frac{P_n s_n}{3(1 - s_n)I_{2n}^2} = \frac{37000 \cdot 0,03}{3(1 - 0,03) \cdot 86^2} = 0,0516 [\Omega]$$

$$R_{d1} = \sqrt{\left(\frac{E_{20}}{I_{2\max}}\right)^2 - \frac{R_2^2}{s_n^2 (P_M + \sqrt{P_M^2 - 1})^2}} - R_2 =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{280}{\sqrt{3} \cdot 154,8}\right)^2 - \frac{0,0516^2}{0,03^2 (2 + \sqrt{2^2 - 1})^2}} - 0,0516 = 0,826564 [\Omega]$$

Poślizgi na końcu poszczególnych stopni rozruchowych:

$$s_1 = \frac{I_{2\min}}{I_{2\max}} = \frac{0,9I_{2n}}{1,8I_{2n}} = 0,5 \quad n_1 = 500 \left[ \frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] \quad f_1 = \frac{n_0 - n_1}{n_0} \cdot 50 \text{Hz} = 25 [\text{Hz}]$$

$$s_2 = s_1^2 = 0,5^2 = 0,25 \quad n_2 = 750 \left[ \frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] \quad f_2 = 12,5 [\text{Hz}]$$

$$s_3 = s_1^3 = 0,5^3 = 0,125 \quad n_3 = 875 \left[ \frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] \quad f_3 = 6,25 [\text{Hz}]$$

$$s_4 = s_1^4 = 0,5^4 = 0,0625 \quad n_4 = 937,5 \left[ \frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] \quad f_4 = 3,125 [\text{Hz}]$$

Rezystancje dodatkowe następnych stopni rozruchowych:

$$R_{d2} = (R_2 + R_{d1})s_1 - R_2 = 0,936 \cdot 0,5 - 0,052 = 0,387 [\Omega]$$

$$R_{d3} = (R_2 + R_{d1})s_2 - R_2 = 0,936 \cdot 0,25 - 0,052 = 0,168 [\Omega]$$

$$R_{d4} = (R_2 + R_{d1})s_3 - R_2 = 0,936 \cdot 0,125 - 0,052 = 0,058 [\Omega]$$