

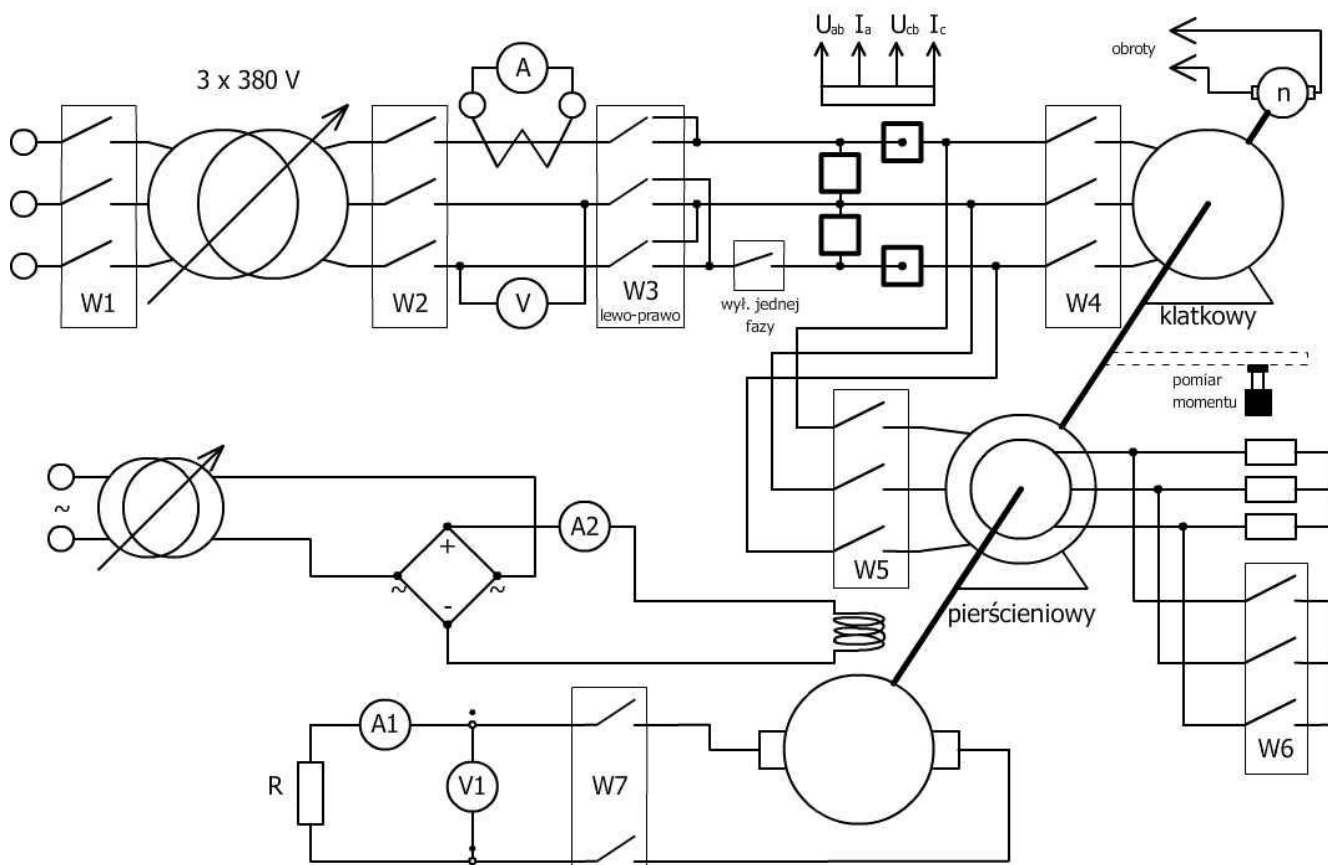
| Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie<br><b>Laboratorium z Elektrotechniki z Napędami Elektrycznymi</b> |                                                    |                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wydział: <b>EATiE</b><br>kierunek: <b>AiR, rok II</b>                                                                           | Grupa laboratoryjna:<br><b>A</b><br>Czwartek 13:15 | <b>Paweł Górka</b><br><b>Krzysztof Wesołowski</b><br><b>Łukasz Bondyra</b><br><b>Jakub Tutro</b><br><b>Rafał Ponikwia</b> |
| Temat ćwiczenia:                                                                                                                | <b>A3 : 3-fazowe silniki indukcyjne</b>            |                                                                                                                           |
| Data wykonania ćwiczenia:                                                                                                       | <b>05.03.2009</b>                                  |                                                                                                                           |

Celem wykonywanego przez nas ćwiczenia było zapoznanie się z budową, zasadą działania, własnościami oraz sposobami rozruchu i regulacji silników indukcyjnych 3-fazowych.

#### 1. Dane pomiarowe silnika pierścieniowego

- Moc : 3 [kW]
- Napięcie nominalne: 380 [V]
- Prąd nominalny : 6.6 [A]
- Prędkość obrotowa nominalna: 1420 [obr/min]
- $\cos\varphi=0.81$
- $R_s=1.2\Omega/\text{fazę}$
- straty biegu jałowego  $P_0=0.346$  [kW]
- straty mechaniczne  $\Delta P_m=0.236$  [kW]
- moment bezwładności zespołu  $J=0.39$  [kg·m<sup>2</sup>]

#### 2. Schemat układu zasilania wraz z przekładnikami:



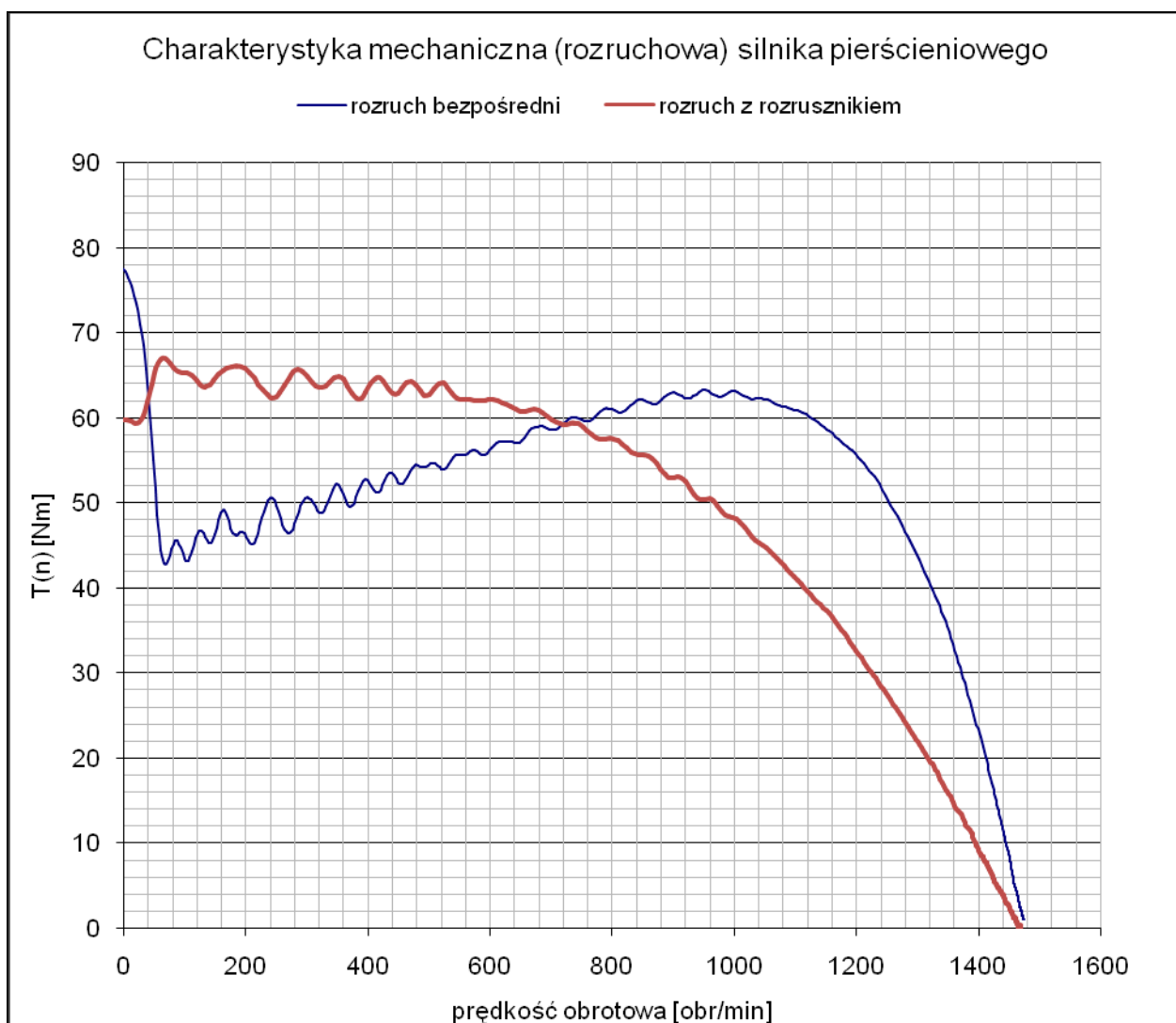
### 3. Charakterystyka mechaniczna z rozruchu silnika pierścieniowego $T(n)$ .

W celu wyznaczenia charakterystyki mechanicznej zmierzaliśmy w funkcji czasu:  $U_{AB}$  oraz prędkość obrotową silnika. Na podstawie tych pomiarów i prostych obliczeń uwzględniających poniżej wzory określiliśmy charakterystykę  $T(n)$ :

$$T_{\text{siln}} + T_{\text{obc}} = J \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad , \quad T_{\text{siln}} = J \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad , \quad \omega = 2\pi n$$

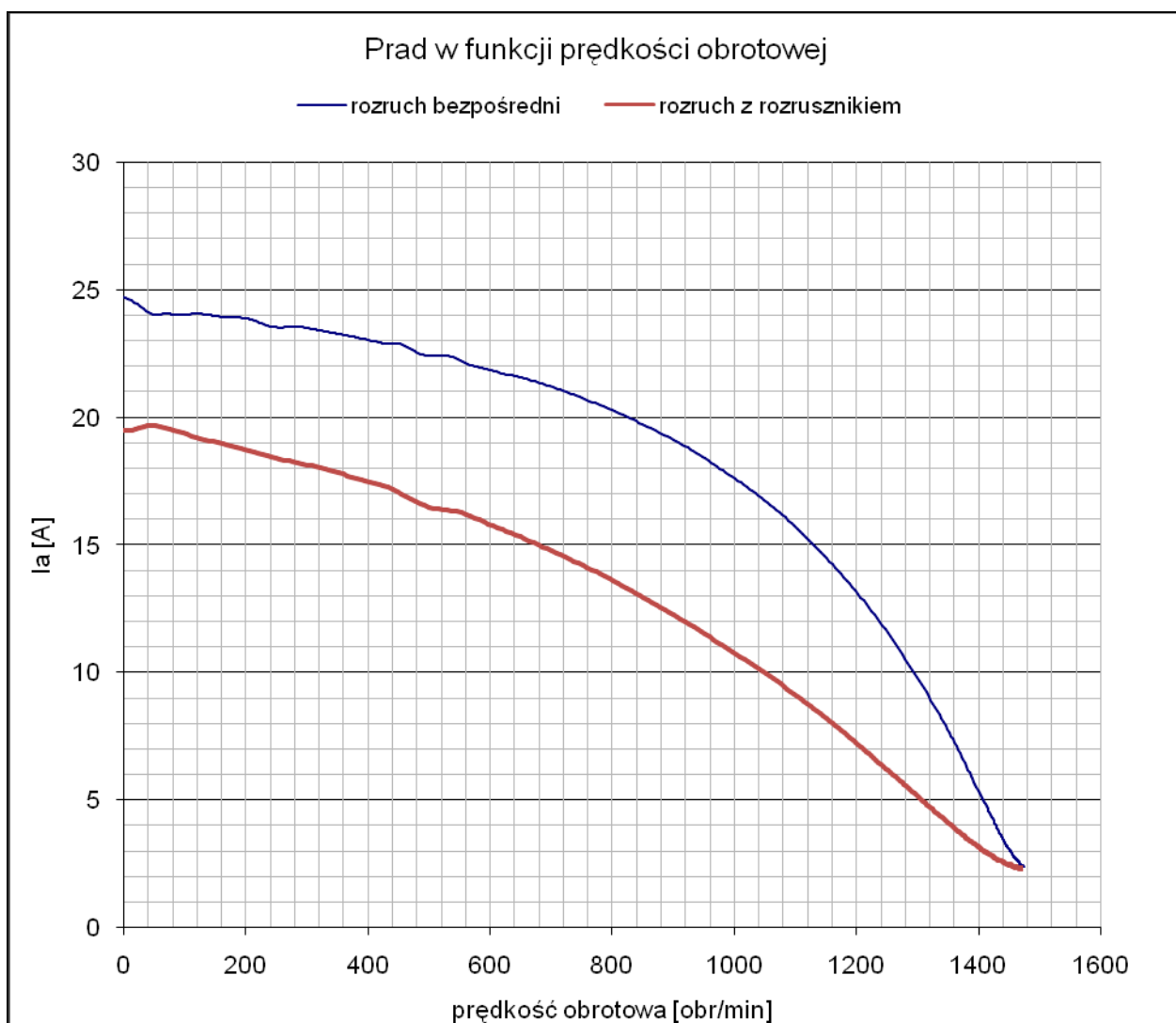
Prędkość obrotową podaną w obr/min przeliczyliśmy na prędkość kątową w radianach na sekundę  $T_{\text{obc}}$  wynosiło 0, a pochodna prędkości kątowej zastąpiliśmy ilorazem różnicowym I-rzędu. Uwzględniamy również fakt, że rozruch silnika odbywał się na obniżonym względem napięcia znamionowego napięciu. Zgodnie z poniższym wzorem, wykres przedstawia wartości znamionowe:

$$T(n)_{\text{znamionowe}} = T(n)_{\text{zmierzone}} \cdot \left( \frac{U_N}{U_{AB}} \right)^2$$



#### 4. Wykres prądu w funkcji prędkości obrotowej $I_a(n)$

Podobnie jak poprzednia charakterystyka, wartości prądu w funkcji prędkości obrotowej uzyskaliśmy wykonując pomiary z nawrotu maszyny. Zmierzoną wartość prądu wykorzystaliśmy wprost do narysowania wykresu.



Z uzyskanych charakterystyk widać, że podczas rozruchu silnika płyną prądy o dużych wartościach, przekraczające wartości nominalne.

5. Jako trzecie zagadnienie zdecydowaliśmy się wyznaczyć charakterystykę obciążeniową. W tym celu jednocześnie rejestrowaliśmy wartości prądów, napięć, współczynnika mocy, mocy pobranej i prędkości, przy zmiennym obciążeniu maszyny. Zgodnie z poniższymi wzorami obliczyliśmy moc oddaną.

$$P_2 = P_1 - \Sigma \Delta P$$

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{Fe} + \Delta P_m + \Delta P_{Cu} + \Delta P_{w\_wimiku} + \Delta P_{dodatkow}$$

$$\Delta P_{Cu} = 3 R_s I^2$$

$$\Delta P_{w\_wimiku} = (\Delta P_1 - \Delta P_{Cu} - \Delta P_{Fe})s$$

$$\Delta P_{dodatkowe} = 0.005 P_1$$

$$s = 1 - \frac{n}{n_s}$$

gdzie:

$P_1$  - zmierzona mocy pobranej

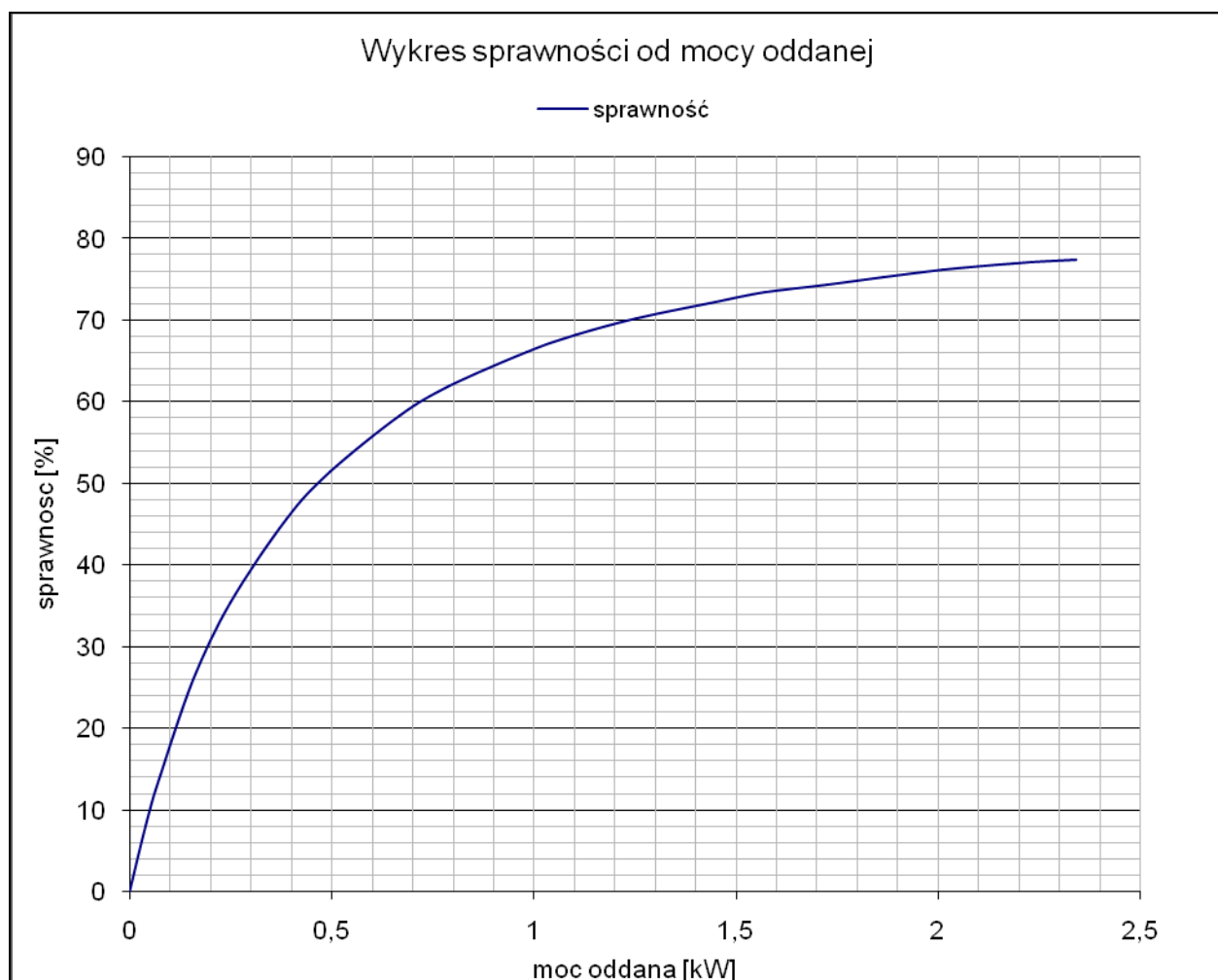
$\Sigma \Delta P$  - suma strat

$s$  - poślizg

$R_s$  rezystancja fazy stojana.

Wartości  $\Delta P_{Fe}$ ,  $\Delta P_m$ ,  $R_s$  odczytano z danych znamionowych silnika.

Mając wyliczoną moc oddaną oraz zmierzona moc pobraną wyznaczyliśmy charakterystykę sprawności silnika od mocy oddanej.



## 6. Wnioski

Wszystkie uzyskane wyniki wydają się być zgodne z teoretycznymi, podawanymi w literaturze jako charakterystyczne dla tego rodzaju silników. Kształty wykresów, z pominięciem małych oscylacji związanych z pomijanymi często zjawiskami elektromagnetycznymi (wyższe składowe harmoniczne pola magnetycznego) są również odpowiednie.

Z porównania charakterystyk mechanicznych wynika, że dla rozruchu z rozrusznikiem, dla niskich prędkości obrotowych uzyskuje się większe wartości momentu obrotowego, jednakże odbywa się to kosztem jego spadku dla prędkości wyższych. W rzeczywistym zagadnieniu tuż po fazie rozruchu/ w odpowiednim momencie tego procesu następuje zmniejszenie/zwarcie oporów rozrusznika, dzięki czemu dalszy wzrost prędkości obrotowej odbywa się przy utrzymywaniu momentu blisko wartości maksymalnej.

Charakterystyki prądowe pokazują, że rozruch z rozrusznikiem powoduje spadek pobieranego przez silnik, podczas rozruchu prądu. Jest to istotne zagadnienie, ponieważ przepływ prądu znacznie przekraczającego wartość nominalną może uszkodzić maszynę jak i również jest nieekonomiczny. Powoduje on znaczne obciążenie sieci energetycznej (ponad 20 amperów zamiast 6), co z kolei wymaga stosowania grubszych przewodów, powiększa straty w nich, oraz często powoduje efekt przeciążenia sieci objawiający się np. przygasaniem żarówek. Zatem korzystnie jest podczas startowania maszyny wpiąć w obwód wirnika odpowiednio dobraną rezystancję jako rozrusznik, lub też skorzystać z wielopoziomowego rozrusznika, który w trakcie rozpędzania silnika będzie się automatycznie przełączać, aby przy każdej z prędkości od 0 do prędkości znamionowej moment obrotowy był możliwie bliski znamionowemu.

Z ostatniej przeprowadzonej przez nas próby i ostatniej wyznaczonej charakterystyki można wysnuć wniosek, że sprawność silnika jest tym większa im większą wydaje z siebie moc. Da się również zaobserwować fakt, że dla małych wartości mocy oddawanej, jej nieduży wzrost powoduje znaczny wzrost sprawności. Wraz ze wzrostem wartości oddawanej mocy szybkość tego przyrostu maleje. Jest to spowodowane w dużej mierze stratami w uzwojeniach, które są zależne od przepływającego prądu. Praca na biegu jałowym, przy małym współczynniku mocy powoduje tylko przesunięcie fazowe, natomiast wartość prądu jak i straty z tym związane są podobne. Dla większych obciążeń straty te stają się coraz mniejsze w porównaniu z wydawaną mocą co skutkuje wzrostem sprawności. Drugie rodzaje strat – straty mechaniczne rośnie wraz prędkością obrotową, dlatego nie da się uzyskać dużej sprawności bez stosunkowo drogich sposobów eliminacji tarcia.