

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт промышленных технологий и инжиниринга**

Кафедра: «Станки и инструменты»

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
по дисциплине
Электрический привод**

**ВЫПОЛНИЛ
Обучающийся группы
РГМб-21-1
Кирика И.А.**

**ПРОВЕРИЛ
стар. преп. кафедры ЭЭ
Сидоров С.В.**

Тюмень 2023

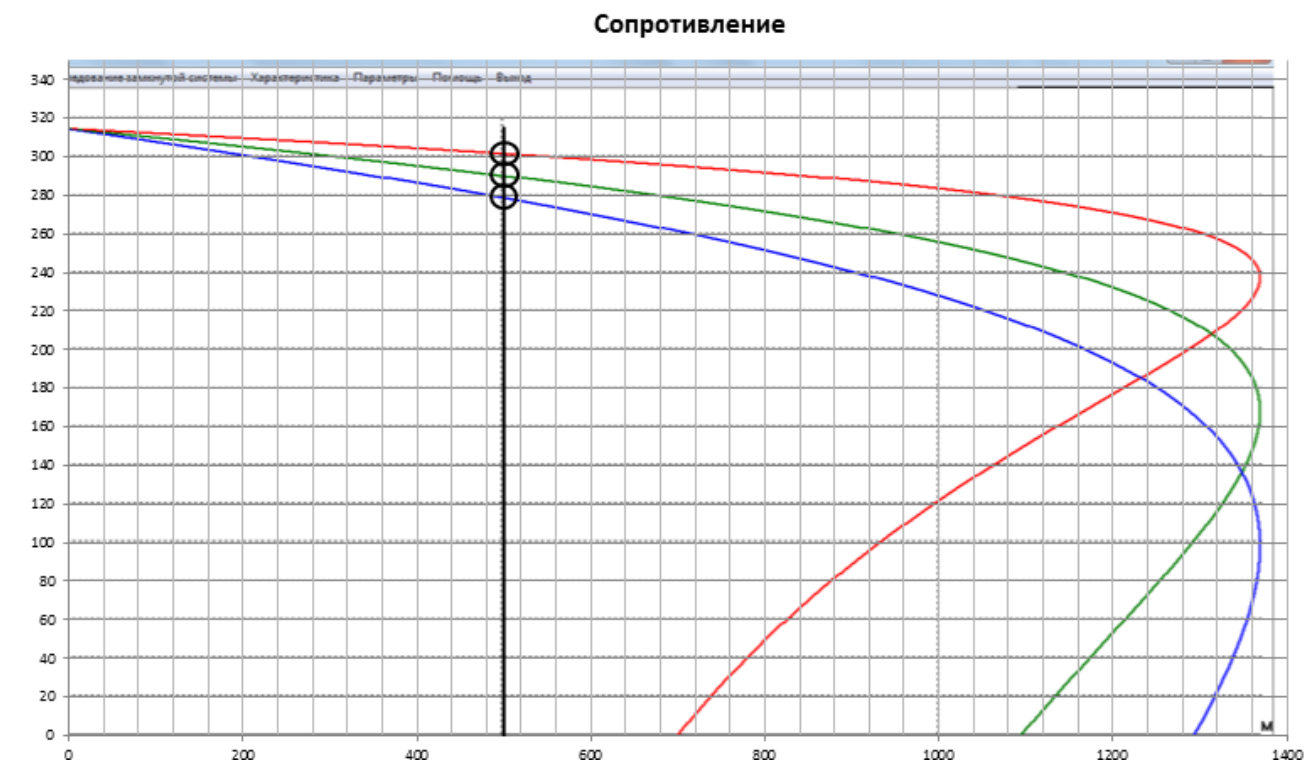
Цель работы: знакомство с основными способами регулирования скорости асинхронного двигателя и их сравнительная характеристика.

Ход работы

Исходные характеристики:

| Характеристика | Значение | Характеристика | Значение |
|----------------|----------|-------------------|----------|
| M_H | 500 Нм | $R_{доб1} = R_1$ | 0,09 Ом |
| U_H | 380 В | $R_{доб2} = R_2$ | 0,18 Ом |
| R_1 | 0,09 Ом | P | 2 |
| R_2 | 0,1 Ом | P | 3 |
| X_{1H} | 0,3 Ом | $X_{доб1} = X_1$ | 0,3 Ом |
| X_{2H} | 0,1 Ом | $X_{доб2} = 2X_1$ | 0,6 Ом |
| X_{0H} | 0,7 Ом | f_1 / f_H | 0,75 |
| P | 1 | f_2 / f_H | 0,5 |
| f / f_H | 1 | U_1 / U_H | 0,75 |
| U / U_H | 1 | U_2 / U_H | 0,5 |

Семейство реостатных механических характеристик при двух добавочных сопротивлениях роторной цепи.



$R_{доб.} = 0 \text{ Ом}$ – **красный**, $R_{доб.1} = 0,09 \text{ Ом}$ - **зеленый**, $R_{доб.2} = 0,18 \text{ Ом}$ – **синий**

Статический момент для данного режима регулирования равен 500 Н*м .

Номинальная мощность равна:

$$P_H = w_0 * M_H$$

$P_H \text{ (и. х. х.)} = 315 * 500 = 157500 \text{ Вт}$ – для идеального холостого хода.

$P_1 = 300 * 500 = 150000 \text{ Вт}$ – для красного кривой

$P_2 = 290 * 500 = 145000 \text{ Вт}$ - для зелёной кривой

$P_3 = 280 * 500 = 140000 \text{ Вт}$ – для синей кривой

Для расчета величины потерь используем формулу:

$$\Delta P = (w_0 - w_c) * M_H$$

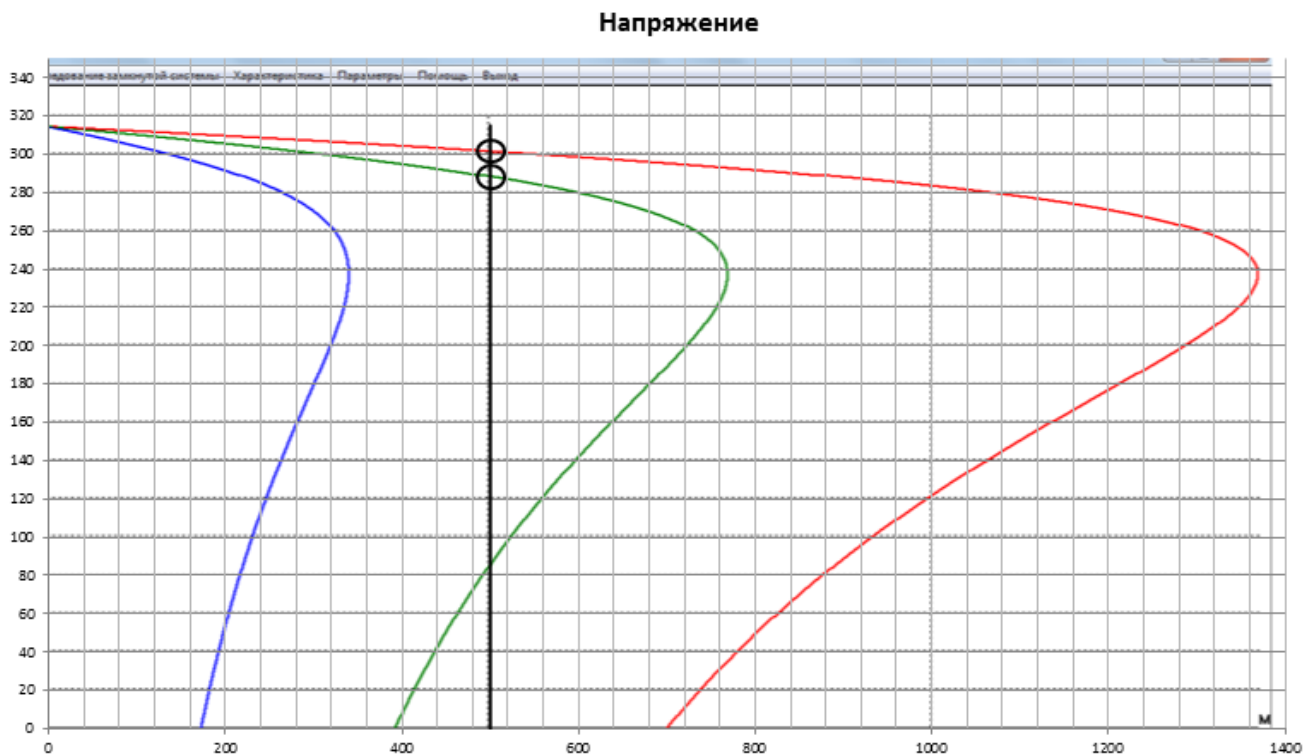
$\Delta P_1 = (315 - 300) * 500 = 7500 \text{ Вт}$

$\Delta P_2 = (315 - 290) * 500 = 12500 \text{ Вт}$

$\Delta P_3 = (315 - 280) * 500 = 17500 \text{ Вт}$

При увеличении сопротивления роторной цепи увеличивается потеря мощности.

Семейство механических характеристик при трех значениях напряжения питания.



$U_H = 380\text{В}$ - **красный**, $U_1 = 285\text{В}$ - **зеленый**, $U_2 = 190\text{В}$ - **синий**

Статический момент для данного режима регулирования равен 500 Н*м .

Мощность равна:

$P_H (\text{и. х. х.}) = 315 * 500 = 157500\text{ Вт}$ – для идеального холостого хода.

$P_1 = 300 * 500 = 150000\text{ Вт}$ – для красной кривой

$P_2 = 297 * 500 = 148500\text{ Вт}$ - для зелёной кривой

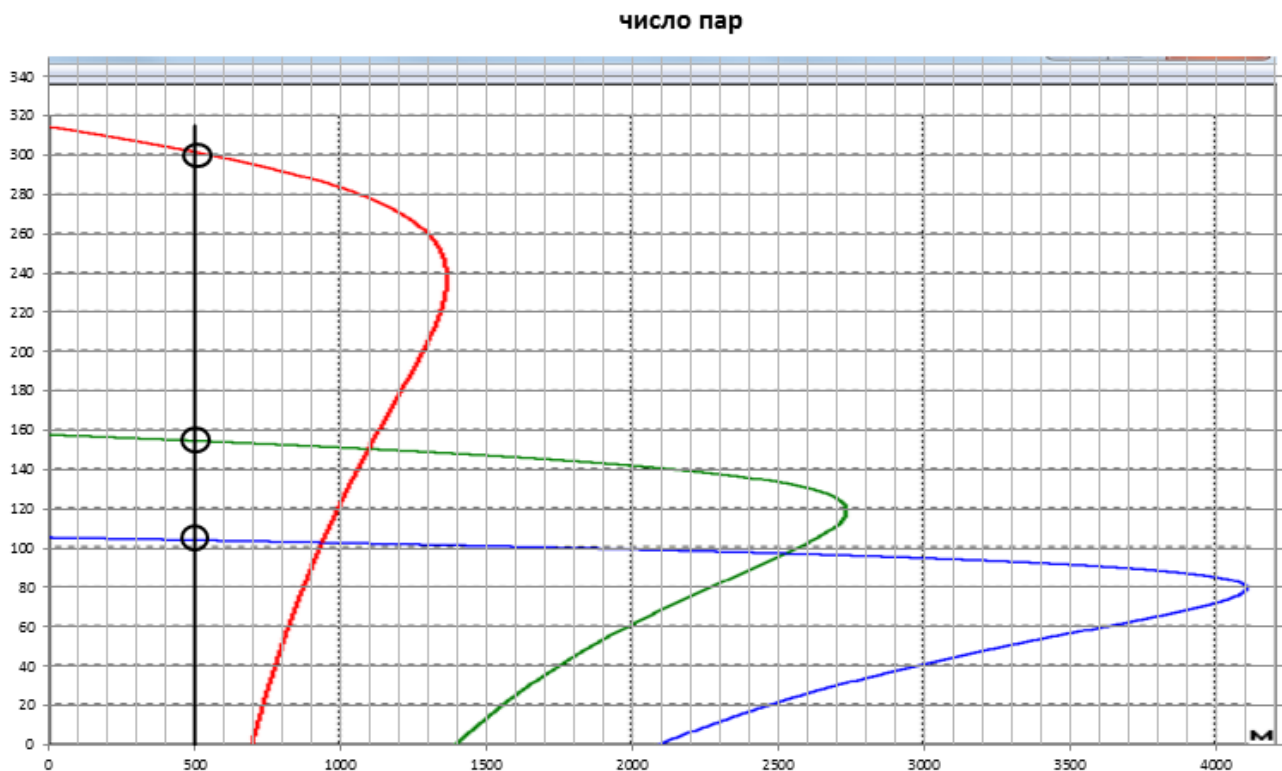
Расчет величины потерь:

$\Delta P_1 = (315 - 300) * 500 = 7500\text{ Вт}$

$\Delta P_2 = (315 - 297) * 500 = 9000\text{ Вт}$

При уменьшении напряжения питания увеличиваются значения потерь. Синяя кривая не имеет точек пересечения с прямой при статическом моменте равным 500 Н*м .

Семейство механических характеристик при трех значениях числа пар полюсов.



P = 1- **красный**, P = 2 - **зеленый**, P = 3 – **синий**

Статический момент для данного режима регулирования равен 500 Н*м.

Мощность равна:

$P_{н. (и. х. х.)} = 315 * 500 = 157500$ Вт – для идеального холостого хода.

$P_1 = 300 * 500 = 150000$ Вт – для красной кривой

$P_2 = 155 * 500 = 77500$ Вт – для зеленой кривой

$P_3 = 105 * 500 = 52500$ Вт – для синей кривой

Расчет величины потерь:

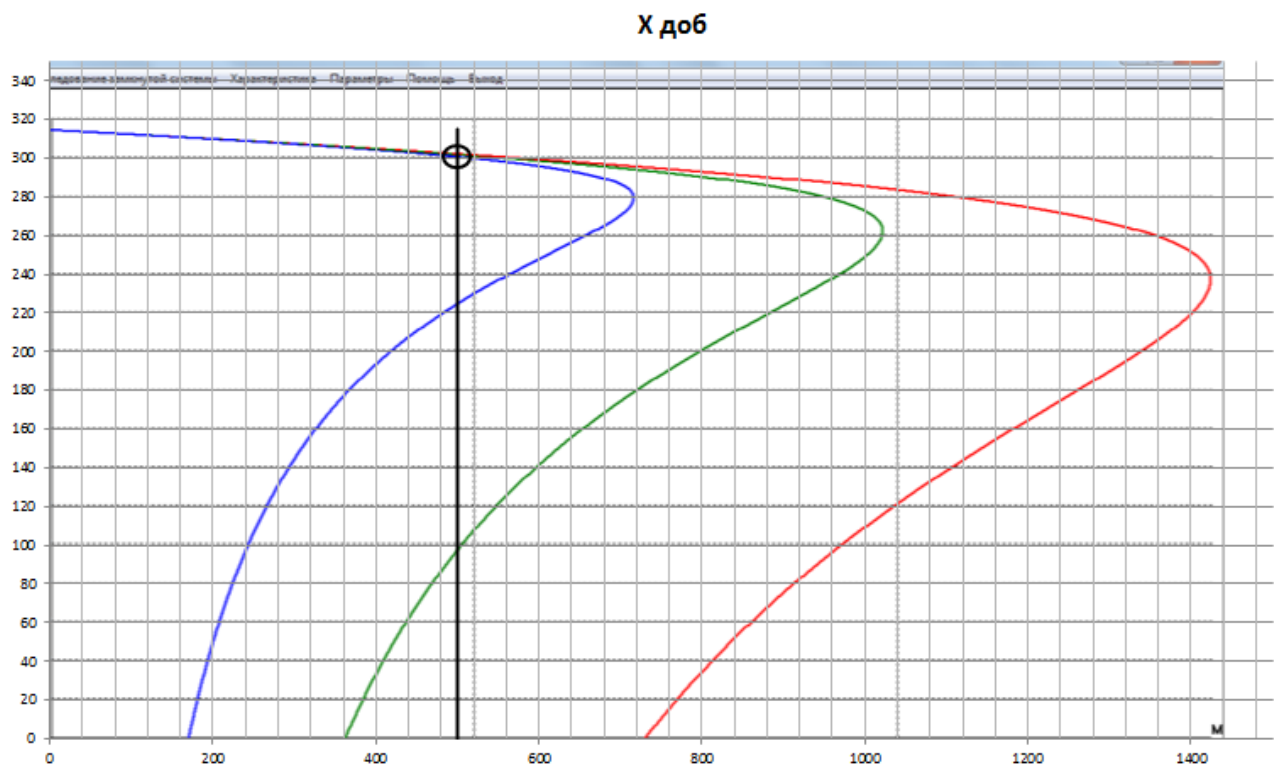
$\Delta P_1 = (315 - 300) * 500 = 7500$ Вт

$\Delta P_2 = (158 - 155) * 500 = 1500$ Вт

$\Delta P_3 = (106 - 105) * 500 = 500$ Вт

При увеличении числа пар полюсов уменьшаются значения потерь.

Семейство механических характеристик при двух добавочных индуктивных сопротивлений статочной цепи.



$X_{доб.} = 0 \text{ Ом}$ - **красный**, $X_{доб.1} = 0,3 \text{ Ом}$ - **зеленый**, $X_{доб.2} = 0,6 \text{ Ом}$ - **синий**

Статический момент для данного режима регулирования равен 500 Н*м .

Мощность равна:

$P_{н. (и. х. х.)} = 315 * 500 = 157500 \text{ Вт}$ – для идеального холостого хода.

$P_1 = 300 * 500 = 150000 \text{ Вт}$ – для красной кривой

$P_2 = 300 * 500 = 15000 \text{ Вт}$ -- для зеленой кривой

$P_3 = 300 * 500 = 15000 \text{ Вт}$ – для синей кривой

Расчет величины потерь:

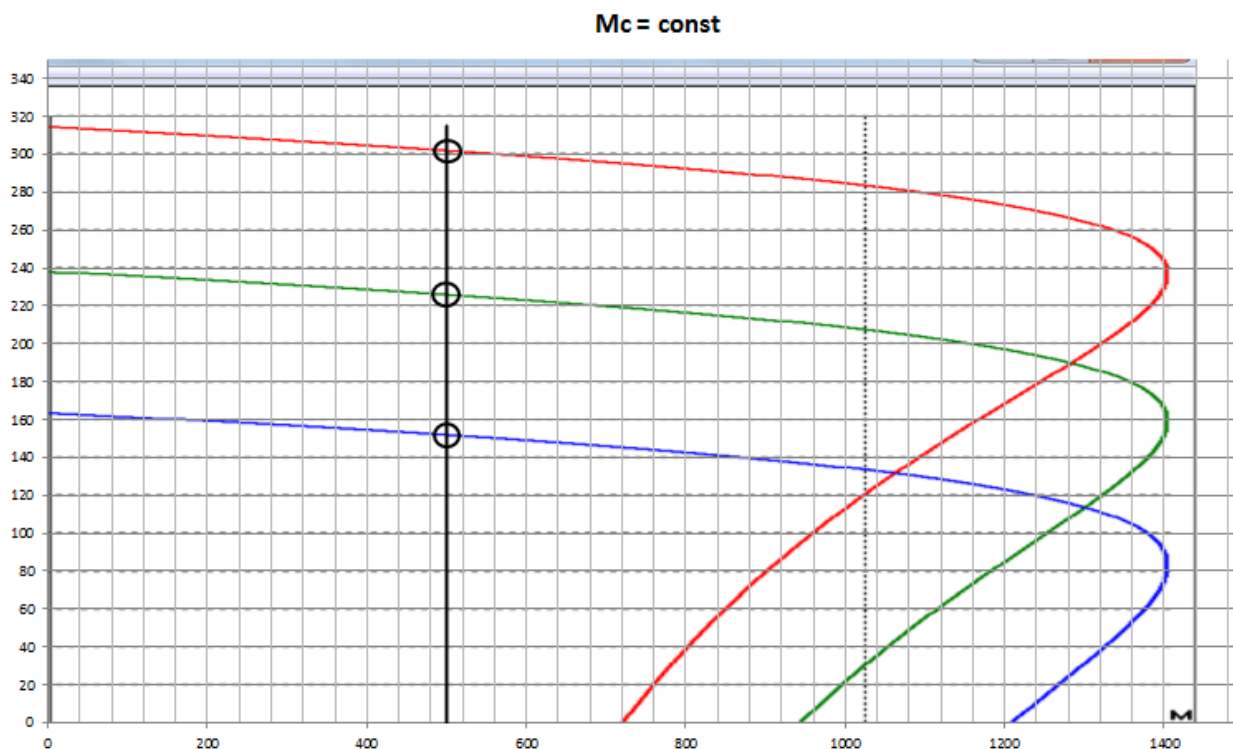
$\Delta P_1 = (315 - 300) * 500 = 7500 \text{ Вт}$

$\Delta P_2 = (315 - 300) * 500 = 7500 \text{ Вт}$

$\Delta P_3 = (315 - 300) * 500 = 7500 \text{ Вт}$

При статическом моменте равным 500 Н*м величина потерь одинакова.

Семейство механических характеристик при трех значениях частоты напряжения для случая регулирования $M = \text{const}$.



$f/f_H = 1$, $U = 380$ В - **красный**, $f_1/f_H = 0,75$, $U_1 = 285$ В - **зеленый**, $f_2/f_H = 0,5$, $U_2 = 190$ В - **синий**

Статический момент для данного режима регулирования равен:

$$M_c = \text{const} = 500 \text{ Н*м.}$$

Мощность равна:

$$P_H (\text{и. х. х.}) = 315 * 500 = 157500 \text{ Вт} - \text{для идеального холостого хода.}$$

$$P_1 = 300 * 500 = 150000 \text{ Вт} - \text{для красной кривой}$$

$$P_2 = 225 * 500 = 112500 \text{ Вт} - \text{для зеленой кривой}$$

$$P_3 = 152 * 500 = 76000 \text{ Вт} - \text{для синей кривой}$$

Расчет величины потерь:

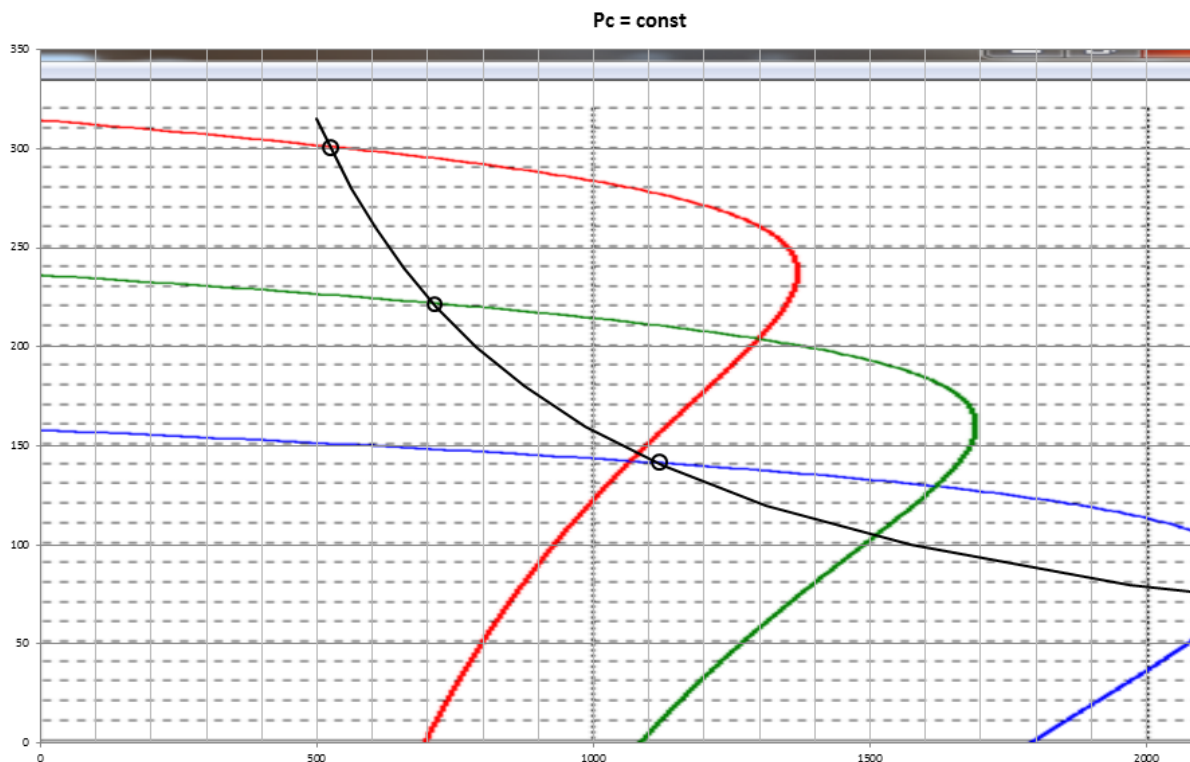
$$\Delta P_1 = (315 - 300) * 500 = 7500 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_2 = (238 - 225) * 500 = 6500 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_3 = (164 - 152) * 500 = 6000 \text{ Вт}$$

При одинаковом изменении частоты и напряжения питания для одного значения статического момента значения потерь уменьшаются.

Семейство механических характеристик при трех значениях частоты напряжения для случая регулирования $P_c = \text{const}$.



$f/f_n = 1$, $U = 380$ В - **красный**, $f_1/f_n = 0,75$, $U_1 = 329,09$ В- **зеленый**, $f_2/f_n = 0,5$, $U_2 = 268,72$ В- **синий**

Статический момент для данного режима регулирования равен:

$$M_c = P_c / \omega$$

Мощность равна:

$$P_{н. (и. х. х.)} = 315 * 500 = 157500 \text{ Вт} - \text{для идеального холостого хода.}$$

$$P_1 = 300 * 525 = 157500 \text{ Вт} - \text{для красной кривой}$$

$$P_2 = 222 * 715 = 158730 \text{ Вт} - \text{для зеленой кривой}$$

$$P_3 = 143 * 1125 = 76000 \text{ Вт} - \text{для синей кривой}$$

Расчет величины потерь:

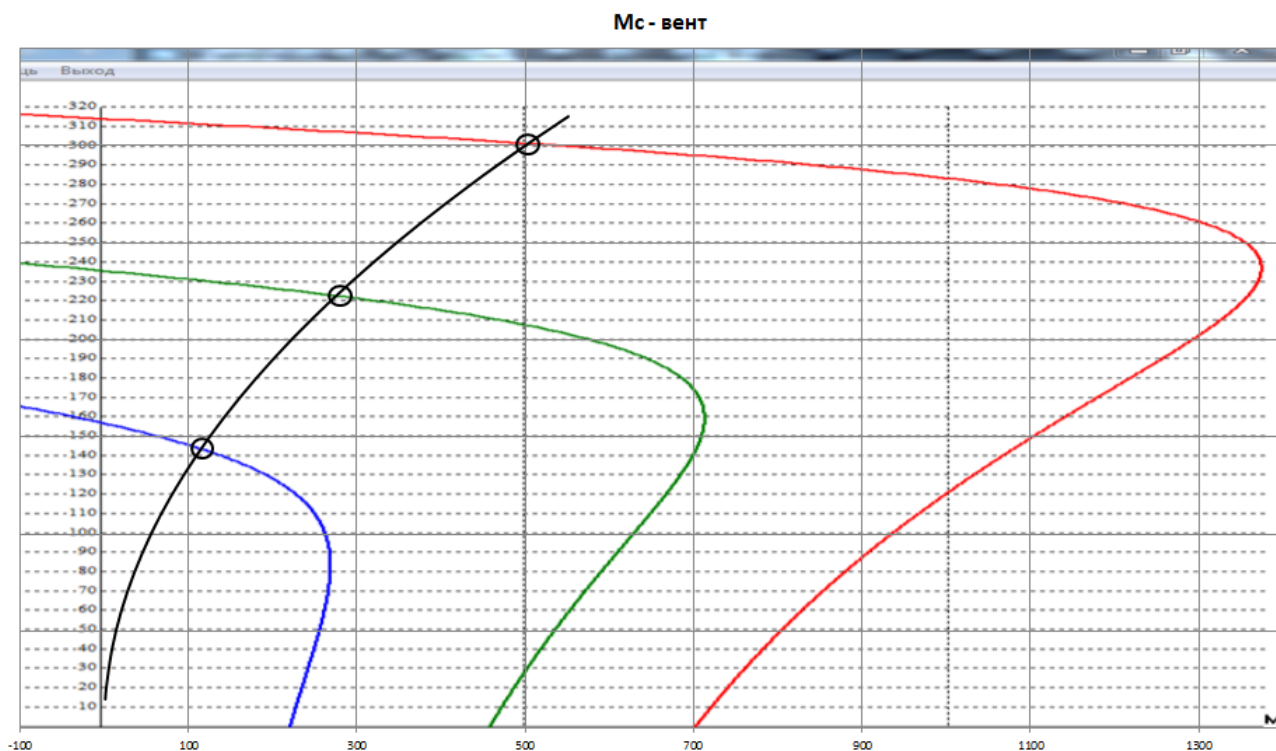
$$\Delta P_1 = (315 - 300) * 525 = 7875 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_2 = (235 - 222) * 715 = 9295 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_3 = (157 - 140) * 1125 = 19125 \text{ Вт}$$

При уменьшении частоты и напряжения в режиме работы $P = \text{const}$, значения потерь увеличиваются.

Семейство механических характеристик при трех значениях частоты напряжения для случая регулирования Мс - вентиляторный.



$f/f_n = 1$, $U = 380$ В - **красный**, $f_1/f_n = 0,75$, $U_1 = 213,75$ В- **зеленый**, $f_2/f_n = 0,5$, $U_2 = 95$ В- **синий**

Статический момент для данного режима регулирования равен:

$$M_c = M_n \cdot (w / w_n)^2$$

Мощность равна:

$$P_n. (и. х. х.) = 315 \cdot 500 = 157500 \text{ Вт} - \text{для идеального холостого хода.}$$

$$P_1 = 300 \cdot 500 = 157500 \text{ Вт} - \text{для красной кривой}$$

$$P_2 = 222 \cdot 275 = 61050 \text{ Вт} - \text{для зеленой кривой}$$

$$P_3 = 143 \cdot 110 = 15730 \text{ Вт} - \text{для синей кривой}$$

Расчет величины потерь:

$$\Delta P_1 = (315 - 300) \cdot 500 = 7875 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_2 = (235 - 222) \cdot 275 = 3575 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_3 = (156 - 143) \cdot 110 = 1430 \text{ Вт}$$

При уменьшении частоты и напряжения в режиме работы Мс - вентиляторный, значения потерь уменьшаются.

Вывод:

1) Из (2.1) следует, что регулирование угловой частоты (скорости) АД возможно путем изменения следующих параметров:

$$M = \frac{3U^2 R_2}{\omega_s \alpha s \cdot \left[x_{\text{кн}}^2 \alpha^2 + \left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 R_2}{s \alpha x_{\text{кн}}} \right)^2 \right]}, \quad (2.1)$$

- активного сопротивления роторной цепи;
- индуктивных сопротивлений роторной и статорной цепей;
- напряжения питания;
- числа пар полюсов;
- частоты напряжения питающей сети.

2) Изменение активного сопротивления роторной цепи.

Этот способ возможен только у АД с фазным ротором. С энергетической точки зрения реостатное регулирование не эффективно, так как потери в роторной цепи при $M_s = \text{const}$ пропорциональны скольжению. Плавность зависит от числа ступеней реостата.

Жесткость механических характеристик мала, то есть устойчивость работы в статических режимах при увеличении нагрузки падает, в результате чего невелик диапазон регулирования. Регулирование частоты вращения только вниз от основной. Мощность потерь выделяется на резисторах в цепи ротора, вызывая нагрев двигателя. Основным достоинством этого способа регулирования являются его простота и чрезвычайно малые капитальные затраты.

Показатели: Активное сопротивление роторной цепи.

Изменение индуктивных сопротивлений статорной и роторной цепей.

В отличие от реостатного здесь возможно плавное регулирование при использовании подмагничиваемых дросселей насыщения или магнитных усилителей. При увеличении индуктивных сопротивлений статора и ротора критическое скольжение и момент, и жесткость характеристик уменьшаются в результате чего диапазон регулирования невелик. Широкого распространения этот способ регулирования также никогда не имел.

Показатели: Сопротивление статора, Сопротивление ротора.

Изменение напряжения питания АД.

При этом критический момент, будучи пропорциональным квадрату напряжения, снижается при уменьшении напряжения, то есть в процессе регулирования происходит изменение перегрузочной способности двигателя. Причем, так как скорость идеального холостого хода остается неизменной, уменьшается жесткость механических характеристик, что влечет за собой увеличение потерь в роторной цепи и прочие негативные последствия. Наряду с этим данный способ регулирования характеризуется крупными капитальными

затратами, так как требует наличия преобразователя регулируемого напряжения. Все это является серьезнейшим препятствием использования рассматриваемого способа регулирования на практике.

Показатели: Напряжение питания.

Изменение числа пар полюсов - экономичный способ регулирования, предполагающий использование специальной электрической машины. Его недостатками являются дискретный характер изменения частоты вращения двигателя и ограниченный диапазон регулирования. Массогабаритные и энергетические показатели многоскоростных двигателей хуже, чем у АД односкоростного исполнения той же мощности. В связи с необходимостью использования дополнительной коммутирующей аппаратуры стоимость многоскоростных АД несколько выше, чем односкоростных.

Показатели: Количество пар полюсов.

Изменение частоты напряжения источника питания.

К преимуществам частотного регулирования относятся: широкий диапазон регулирования частоты вращения двигателя (10-12: 1), плавность и высокая жесткость механических характеристик, ведущая к экономичности процесса регулирования. Регулирование возможно как вниз, так и вверх от основной скорости. Следует отметить, что из всех перечисленных выше способов регулирования данный способ имеет наиболее высокие качественные показатели. К недостаткам его следует отнести высокие капитальные затраты, связанные с необходимостью использования преобразователя частоты.

Показатели: Частота напряжения источника питания.

3) Максимальный диапазон регулирования:

Изменение индуктивных сопротивлений статорной и роторной цепей.

Минимальный диапазон регулирования:

Изменение напряжения питания АД.

Максимальные потери энергии в процессе регулирования:

Изменение активного сопротивления роторной цепи.

Минимальные потери энергии:

Изменение частоты напряжения источника питания

Плавность при регулировании:

Изменение частоты напряжения источника питания

Дискретное регулирование скорости:

Изменение числа пар полюсов