

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**РЕФЕРАТ**

**по курсу «Электрический привод»**

**ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В ПРИВОДАХ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО  
ТОКА**

Автор работы: Кирбаба Д.Д.

Группа: R3438

Преподаватель: Маматов А.Г.

Санкт-Петербург

2024

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ПОСТОЯННЫЕ И ПЕРЕМЕННЫЕ ПОТЕРИ.....	5
ПОТЕРИ В СТАТИЧЕСКИХ И ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ .....	5
ПОТЕРИ В ДПТ НВ .....	6
1 Пуск вхолостую.....	6
2 Пуск с постоянной нагрузкой $M_c = const$ .....	7
ПОТЕРИ В АД С КЗР .....	9
<i>Заключение</i> .....	10
Список использованных источников .....	11

## ВВЕДЕНИЕ

При выборе типа и мощности электропривода для выполнения поставленных задач с определенными конструктивными и технологическими требованиями необходимо также учитывать величину постоянных и переменных потерь энергии электропривода. Неучтенные потери могут приводить к заниженной мощности при работе привода, что в свою очередь может вызывать нарушение технологического процесса, снижение производительности, аварию и выход из строя двигателя или механизма [3].

## ПОСТОЯННЫЕ И ПЕРЕМЕННЫЕ ПОТЕРИ

Потери энергии в двигателе складываются из постоянных потерь, не зависящих нагрузки, и переменных – зависящих от неё, то есть суммарные потери

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_c + \Delta P_v$$

Для двигателя постоянного тока суммарные потери:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_c + \Delta P_v = \Delta P_e + \Delta P_{Fe} + \Delta P_m + I^2 R,$$

где:  $\Delta P_c = \Delta P_e + \Delta P_{Fe} + \Delta P_m$  – постоянные потери, складывающиеся из потерь в обмотке возбуждения  $\Delta P_e$ , в стали  $\Delta P_{Fe}$  и механических потерь  $\Delta P_m$ ;  $\Delta P_v = I^2 R$  – переменные потери в якорной цепи.

Для двигателя переменного тока:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_c + \Delta P_v = \Delta P_{Fe} + \Delta P_m + m(I_1^2 R_1 + (I_2')^2 R_2'),$$

где  $m$  – число фаз обмотки статора;  $R_1, R_2'$  – активные сопротивления цепей обмоток статора и ротора.

## ПОТЕРИ В СТАТИЧЕСКИХ И ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Выражения выше определяют потери в статических режимах. В свою очередь, в переходных режимах потери будут зависеть от времени, а следовательно их величина будет являться интегральной функцией.

Итак, пусть время переходного процесса  $t_{tp}$ , тогда потери в общем случае

$$\Delta A_{tp} = \int_0^{t_{tp}} \Delta P_{\Sigma}(t) dt = \Delta P_c t_{tp} + \int_0^{t_{tp}} \Delta P_v(t) dt$$

Отметим, что в переходном процессе постоянные потери достаточно малы в сравнении с переменными.

### ПОТЕРИ В ДПТ НВ

Рассмотрим прямой пуск ДПТ НВ при постоянном напряжении на якоре, тогда величина потерь будет равна

$$\Delta A_s = \int_0^{t_{tp}} M(\omega_0 - \omega(t)) dt,$$

где  $\omega_0$  — скорость идеального холостого хода, а  $M$  — величина электромагнитного момента.

#### 1 Пуск вхолостую

При пуске вхолостую  $dt = J d\omega / M$ , тогда

$$\Delta A_{s0} = \int_0^{\omega_0} J(\omega_0 - \omega(t)) d\omega = \frac{J\omega_0^2}{2}$$

Следовательно, потери энергии при пуске вхолостую равны кинетической энергии маховых масс в конце пуска. А так как в конце пуска в приводе накапливается кинетическая энергия равная

$$A_{sk} = \frac{J\omega_0^2}{2},$$

то расход энергии равен двойному запасу кинетической энергии в конце пуска.

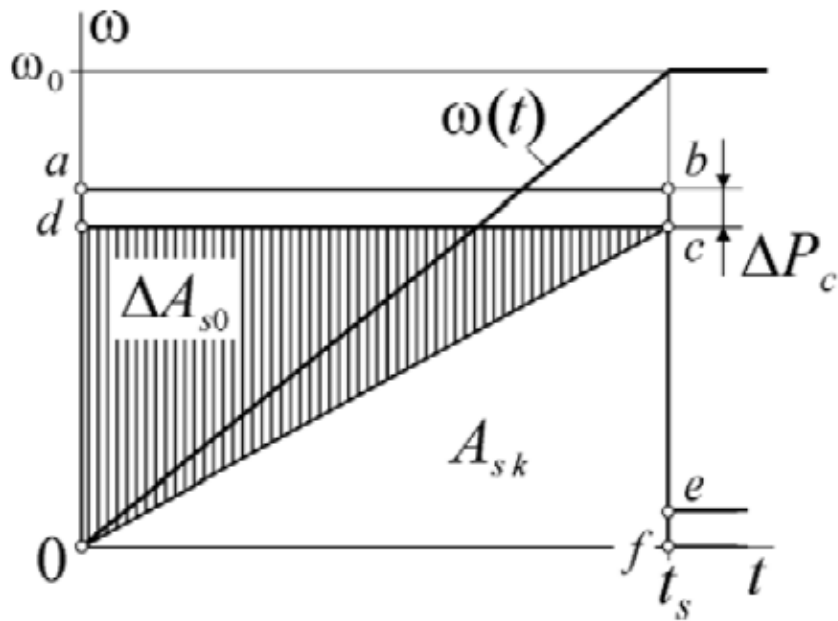


Рисунок 1 – Временные диаграмма скорости и составляющих энергии при пуске вхолостую ДПТ НВ

На рис.1, приведены временные диаграммы скорости и составляющих энергии, расходуемой при идеализированном пуске. Полезная энергия соответствует площади треугольника  $0cf$ , потери в роторе – площади треугольника  $0dc$ , а полная энергия, потребляемая при пуске из сети с учётом постоянных потерь  $\Delta P_c$ , площади прямоугольника  $0abf$ .

## 2 Пуск с постоянной нагрузкой $M_c = const$

При пуске двигателя с постоянной нагрузкой потери энергии равны

$$\Delta A_s = \int_0^{t_s} M(\omega_0 - \omega(t))dt = \int_0^{t_s} (M_c + M_d)(\omega_0 - \omega(t))dt,$$

где  $M_d = Jd\omega/dt$  – динамический момент.

Проводя математические преобразования получим

$$\Delta A_s = M_c \left( \omega_0 t_s - \int_0^{t_s} \omega(t)dt \right) + J \left( \omega_0 \omega_c - \frac{\omega_c^2}{2} \right) = \Delta A_{sc} + \Delta A_{sd}$$

Если механическая характеристика двигателя жёсткая, то  $\omega_c \approx \omega_0$  и потери, связанные с разгоном маховых масс привода приблизительно такие же, как при пуске вхолостую:

$$\Delta A_{sd} \approx \Delta A_{s0} = J \frac{\omega_0^2}{2}.$$

Слагаемое  $\Delta A_{sc}$  связано с наличием момента нагрузки и графически выражение в скобках представляет собой площадь  $F_{sc}$  заштрихованной фигуры  $0abc$  на временной диаграмме пуска на рис. 2.

Она представляет собой разность между площадью прямоугольника  $0abd$  и площадью фигуры  $0cd$ , соответствующей интегралу  $\int_0^{t_s} \omega(t) dt$ . При постоянном моменте нагрузки эти площади соответствуют энергии, переданной через зазор машины в ротор, т. е. электромагнитной энергии, и энергии, переданной в нагрузку, т. е. механической энергии.

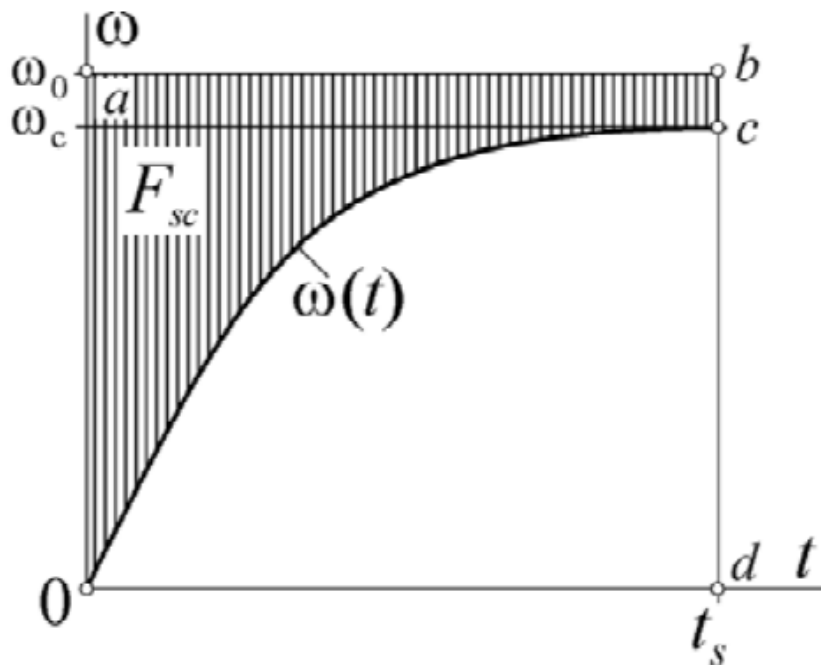


Рисунок 2 – Временные диаграмма скорости и составляющих энергии при пуске с постоянной нагрузкой ДПТ НВ

## ПОТЕРИ В АД С КЗР

Рассмотрим пуск вхолостую асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, который имеет механическую характеристику  $M(\omega)$ , которую мы аппроксимируем отрезками прямых линий постоянного эффективного момента  $M = M_{se} = const$  и постоянной скорости.

При постоянном моменте пуск вхолостую будет равномерно ускоренным  $\epsilon_{s1} = const$  и время пуска составит

$$t_{sm1} = \frac{\omega_0}{\epsilon_{sm1}}.$$

Тогда потери энергии в роторе с учетом линейного изменения скорости вращения равны

$$\Delta A_{sm1} = \int_0^{t_{sm1}} M_{se}(\omega_0 - \omega(t))dt = M_{se}\omega_0 t_{sm1} - \frac{M_{se}\omega_0 t_{sm1}}{2} = \frac{M_{se}\omega_0 t_{sm1}}{2},$$

то есть потери энергии равны площади треугольника  $0ab$  на рис. 3.

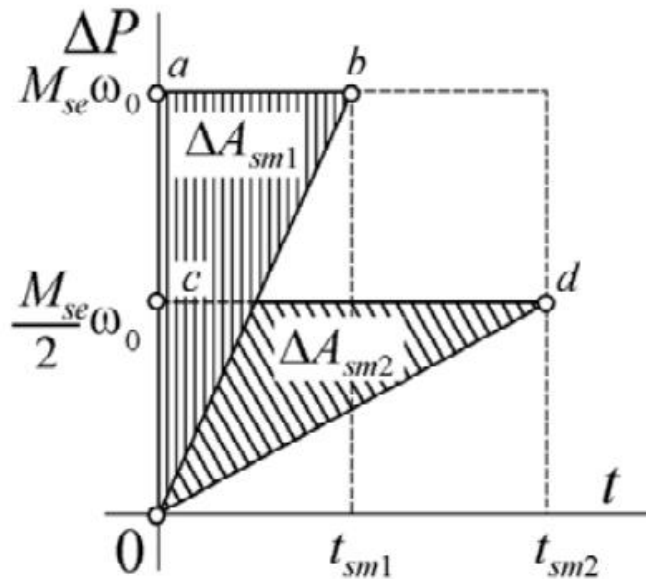


Рисунок 3 – Временные диаграмма скорости и составляющих энергии при пуске вхолостую АД с КЗР

Если эффективный момент двигателя уменьшить вдвое, например, понизив напряжение питания в 2 раз, то вдвое понизится электромагнитная мощность

$$P_{em2} = \frac{M_{se}}{2} \omega_0$$

и вдвое уменьшится ускорение

$$\epsilon_{sm2} = \frac{M_{se}}{2J} = \frac{\epsilon_{sm1}}{2}.$$

Соответственно, вдвое увеличится время пуска

$$t_{sm2} = \frac{\omega_0}{\epsilon_{sm2}} = \frac{2\omega_0}{\epsilon_{sm1}} = 2t_{sm1},$$

а потери энергии в роторе

$$\Delta A_{sm2} = \frac{M_{se}}{2\omega_0 t_{sm2}} - \frac{\frac{M_{se}}{2\omega t_{sm2}}}{2} = \frac{\frac{M_{se}}{2} \omega_0 t_{sm2}}{2} = \frac{\frac{M_{se}}{2} \omega_0 2t_{sm1}}{2} = \Delta A_{sm1}$$

останутся прежними [1].

### ***Заключение***

В заключение следует отметить, что понимание и устранение потерь энергии в приводах постоянного и переменного тока имеет решающее значение для повышения общей эффективности и устойчивости системы. Применение таких мер, как использование высококачественных компонентов, улучшение изоляции и оптимизация алгоритмов управления (например, эффективным способом снижения потерь энергии является управление скоростью холостого хода), позволяет снизить эти потери и добиться максимальной энергоэффективности.



### **Список использованных источников**

1. Усольцев А.А. Электрический привод/Учебное пособие СПб: НИУ ИТМО, 2012, – 238 с.
2. Sang-Hoon Kim. Electric Motor Control. Elsevier Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands, 2016.
3. Усольцев А.А. Электрические машины/Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО,. 2013, – 416 с.
4. Забудский Е.И. Машины постоянного тока: Учебное пособие – М.: МГАУ, кафедра Электроснабжение и Электрические машины, 2009. - 217 с.