

**Лабораторная работа**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**  
**НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ**

Целью работы является изучение рабочих свойств двигателя независимого возбуждения.

**Программа работы**

**1. Экспериментальная часть**

- 1.1. Снять рабочие (электромеханические) характеристики двигателя.
- 1.2. Осуществить регулирование частоты вращения двигателя:
  - а) напряжением, подводимым к якорю;
  - б) сопротивлением в цепи якоря.
- 1.3. Снять регулировочную характеристику двигателя.

**2. Обработка опытных данных**

2.1. Построить на одном графике рабочие характеристики двигателя. Определить выходные данные двигателя при номинальном токе и сравнить их с паспортными. Определить отношение тока холостого хода к номинальному току и мощности, потребляемой при холостом ходе, к номинальной мощности двигателя.

2.2. Построить механические характеристики двигателя при различных  $R_{\text{доб}}$  в цепи якоря. Определить жесткость механических характеристик.

2.3. Построить характеристики регулирования частоты вращения двигателя  $n = f(U)$ ,  $n = f(R_{\text{доб}})$  при  $M_c = \text{const}$ . Определить полученные в опыте диапазоны регулирования частоты вращения двигателя. Определить потери мощности при изменении частоты вращения на 30% от номинальной при различных способах регулирования.

2.4. Определить диапазон изменения тока возбуждения двигателя по

регулирующей характеристике.

## Анализ и обработка опытных данных

### 1. Рабочие (электромеханические) характеристики двигателя

Рассчитывают потребляемый ток  $I=I_{\text{я}}$ ; потребляемую мощность  $P_1=U \cdot I$ ; мощность на валу  $P_2=0,105M_2n$  и КПД  $\eta=P_2/P_1$  двигателя. Здесь  $M_2$  в Нм;  $n$  в об/мин;  $P_2$  в Вт. При холостом ходе двигатель имеет  $M_2=0$ ;  $P_2=0$ ;  $\eta = 0$ ;  $n = n_0$ ;  $I= I_0$ ;  $P_1 = P_{1,0}$ . Якорь вращается с частотой вращения холостого хода  $n_0 \approx U/c_e \Phi$ . Потребляемый ток  $I_0=I_{\text{я},0}$  — ток якоря при холостом ходе. Потребляемая мощность  $P_{1,0}$  расходуется на механические потери (трение в подшипниках, якоря о воздух, щеток о коллектор и вентиляцию), магнитные потери (от перемагничивания якоря и вихревых токов в сердечнике якоря при его вращении в магнитном поле) и электрические потери (от токов в цепи якоря).

С увеличением мощности на валу  $P_2$  возрастают  $I_{\text{я}}$ ,  $P_1$ . Зависимости  $I_{\text{я}}$ ,  $P_1 = f(P_2)$  являются нелинейными и изменяются по одинаковому закону, так как  $U_c = \text{const}$ . Кривые отклоняются вверх от прямой линии, так как с увеличением тока якоря потери электрические в цепи якоря и добавочные потери в обмотке якоря увеличиваются пропорционально  $I_{\text{я}}^2$ .

При слабом размагничивающем действии поперечной реакции якоря двигатель обладает падающей скоростной характеристикой вследствие падения напряжения на сопротивлениях якорной цепи.

С ростом мощности  $P_2$  возрастает момент на валу. Так как частота вращения якоря несколько убывает, то характеристика  $M_2 = f(P_2)$  отклоняется вверх от прямой линии. При малых нагрузках с увеличением  $P_2$  КПД возрастает, так как потери постоянные (механические, магнитные) больше переменных (электрических в цепи якоря и добавочных).

При нагрузках  $P_2 \approx (0,4—0,7)$ ,  $P_{2\text{ном}}$  переменные и постоянные потери становятся соизмеримыми и рост КПД замедляется. При равенстве переменных

и постоянных потерь КПД достигает максимума. При дальнейшем увеличении  $P_2$  переменные потери становятся больше постоянных и КПД постепенно убывает.

По экспериментальным рабочим характеристикам при номинальном токе якоря определяют номинальные данные двигателя. Опытные и паспортные данные двигателя могут отличаться на несколько процентов, так как паспортные данные двигателя определяются после длительного установившегося режима нагрузки, когда температура нагрева двигателя достигает установившегося значения, соответствующего примененному классу изоляции.

## 2. Регулирование частоты вращения двигателя

а) *Характеристики двигателя при регулировании частоты вращения напряжением, подводимым к якорю.*

При заданных  $M_2 = \text{const}$  и  $I_B = \text{const}$  двигатель имеет электромагнитный момент  $M \approx \text{const}$  и магнитный поток  $\Phi \approx \text{const}$ . Ток якоря независимо от напряжения остается примерно постоянным  $I_{\text{я}} = M / c_M \Phi \approx \text{const}$ .

Зависимость  $n = f(U_{\text{я}})$  выражается прямой линией, смещенной вправо по оси абсцисс на величину  $U_{\text{ТР}} = I_{\text{я}} \cdot \Sigma R_{\text{я}}$ . Напряжение  $U_{\text{ТР}}$  — минимальное напряжение, при котором двигатель начинает вращаться при заданном моменте нагрузки.

Полезная мощность двигателя  $P_2 = 0,105 M_2 n \sim I_{\text{я}}$ , КПД двигателя  $\eta = P_2 / P_1 = 0,105 M_2 n / (U_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}) = f(U_{\text{я}}) \approx \text{const}$ . При этом способе регулирования частоту вращения регулируют вниз от номинальной при высоком и практически постоянном КПД двигателя.

б) *Характеристики двигателя при регулировании частоты вращения изменением сопротивления в цепи якоря.*

Сначала строят на одном графике естественную механическую характеристику  $n = f(M_2)$  при  $R_{\text{доб}} = 0$  и реостатные механические характеристики  $n = f(M_2)$  при  $R_{\text{доб}} = \text{const}$ . Из этих характеристик получают зависимости в относительных единицах:  $n^* = f(R^*_{\text{доб}})$  при  $U = U_{\text{НОМ}}$ ,  $I_B = I_{\text{ВНОМ}}$ ,  $M = \text{const}$ . Здесь

$n^*=n/n_{0,e}$ ,  $R^*_{\text{ДОБ}}=R_{\text{ДОБ}}/\Sigma R_{\text{Я}}$  — относительные значения частоты вращения и добавочного сопротивления в цепи якоря;  $n$ ,  $n_{0,e}$  — частоты вращения, определяемые соответственно по реостатной и естественной механическим характеристикам при заданном моменте нагрузки.

Регулирование частоты вращения осуществляется вниз от номинальной в широком диапазоне. При этом в регулировочном реостате возникают большие потери энергии, что приводит к снижению КПД системы электропривода.

### 3. Регулировочная характеристика двигателя

С увеличением нагрузки на валу увеличивается ток якоря и падение напряжения на сопротивлении  $\Sigma R_{\text{Я}}$ , что приводит к снижению частоты вращения двигателя. Для того чтобы поддерживать  $n=\text{const}$  требуется уменьшить ток возбуждения. Снимается характеристика  $I_{\text{В}}=f(M_2)$  при  $n=\text{const}$ . Мощность  $P_2 \sim M_2$ , так как  $n=\text{const}$ . Ток  $I_{\text{Я}}$  растет нелинейно, так как увеличиваются электрические потери.

### Контрольные вопросы

1. Объясните устройство ДПТ независимого возбуждения.
2. Объясните схему соединения и назначение обмоток двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
3. Объясните принцип действия ДПТ независимого возбуждения.
4. Почему нужно при пуске ограничивать ток якоря в ДПТ?
5. Показать на схеме, в какое положение необходимо ставить при пуске двигателя движок пускорегулирующего реостата  $R_{\text{ПР}}$  и движок реостата в цепи возбуждения  $R_{\text{В}}$ .
6. Как по паспортным данным двигателя рассчитывать его номинальный момент?
7. Как в опыте определить номинальный ток возбуждения двигателя?
8. Объясните особенности электромеханических характеристик двигателя независимого возбуждения.
9. Объясните влияние добавочного сопротивления в цепи якоря на

механическую характеристику двигателя.

10. Назовите способы регулирования частоты вращения двигателя и их особенности.

11. Как нужно изменять ток возбуждения, чтобы при изменении момента нагрузки на валу частота вращения двигателя оставалась постоянной?

12. Что такое жесткость механической характеристики двигателя?

13. Какой характер механической характеристики способствует устойчивой работе двигателя при нагрузке?

14. Как влияет добавочное сопротивление в цепи якоря на жесткость механической характеристики?