

**РАСЧЕТ ПОТЕРИ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
СО СМЕШАННЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ**

Пирматов Нурали Бердиёрович, д.т.н., профессор,

Ахмедов Абдурауф Абдугани угли, магистр

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Аннотация

В статье анализируются виды потери мощности в двигателях постоянного тока со смешанным возбуждением и приводится расчет потери и КПД двигателя мощность 2 кВт.

In article is analysed types of the loss to powers in engine of the direct current with смешанным возбуждением and happens to the calculation of the loss and KPD engine power 2 kW.

Двигатели постоянного тока находят широкое применение в промышленных, транспортных и др. установках, где необходимо глубокое и плавное регулирование скорости вращения (прокатные станы, мощные металлорежущие станки, электрическая тяга на транспорте и т.д.).

По способу возбуждения двигатели постоянного тока подразделяются на двигатели независимого, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Все типы двигателей имеют разнообразные характеристики в соответствии с требованиями систем электроприводов.

Часть подведенной к электрической машине энергии не может быть полезно преобразована, а рассеивается в форме тепла в окружающее пространство. Эту часть энергии называют потерями. Потери, возникающие в машине, могут быть разделены на две группы: постоянные и переменные.

Постоянные потери:

Потери в стали P_c

$$P_c = P_\Gamma + P_{Bx},$$

где P_Γ - потери на гистерезис в сердечнике якоря и зубцах; P_{Bx} - потери на вихревые токи в тех же частях.

Мощность этих потерь зависит от скорости вращения якоря и от величины магнитного потока (тока в обмотке возбуждения) и не зависит от величины нагрузки.

Механические потери:

$$P_{Mx} = P_{Psh} + P_{Щ} + P_{Bh},$$

где P_{Psh} - потери в подшипниках; $P_{Щ}$ - потери на трение щеток о коллектор; P_{Bh} - потери на трение вращающихся частей о воздух, включая сюда и вентиляционные потери.

Потери на возбуждение. К потерям на возбуждение относятся потери собственно в обмотке возбуждения и потери в регулировочных реостатах, если они необходимы при работе машины в номинальном режиме. Величина потерь в цепи возбуждения может быть определена по формуле

$$P_B = U_B i_{vd},$$

где U_B - напряжение на зажимах цепи возбуждения; i_{vd} - ток в цепи возбуждения.

Переменные потери:

Потери в цепи якоря P_m . Потери в цепи якоря складываются из потерь обмотки якоря и обмоток, последовательно соединенных с обмоткой якоря (добавочных полюсов и компенсационной обмотки)

Величина потерь в цепи якоря может быть определена по формуле

$$P_m = I_a^2 \sum r_{a75^\circ C},$$

где $I_a = I_d - i_b$; i_b - ток возбуждения; I_d - ток, потребляемый двигателем; $R_{a75^\circ C}$ - суммарное сопротивление обмотки якоря и обмоток, последовательно соединенных с обмоткой якоря, приведенных к условной температуре $75^\circ C$.

Потери в щеточном контакте определяются по формуле

$$P_{\text{щ}} = \Delta U_{\text{щ}} I_a,$$

где $\Delta U_{\text{щ}}$ - падение напряжения на щеточном переходе; I_a - ток якоря двигателя.

Согласно ГОСТ при расчетах принимаются следующие значения $\Delta U_{\text{щ}}$: для угольных - 1 В; для металлоугольных и металлографитных - 0,3 В.

Добавочные потери P_d . К добавочным потерям относятся потери в стали и в меди, возникающие в машинах в результате происходящих в ней вторичных процессов электромагнитного характера.

К числу добавочных потерь относятся: потери на вихревые токи от полей рассеяния в обмотках и массивных металлических частях машин, поверхностные потери в стали и пульсационные потери в зубцах, а также потери в уравнительных соединениях. Добавочные потери рассчитываются с большим приближением. Поэтому ГОСТ учитывает добавочные потери в машинах постоянного тока без компенсационной обмотки при номинальной нагрузке одним процентом (1%) номинальной мощности и для компенсированных машин постоянного тока - 0,5 %.

В виду того, что добавочные потери в машинах малой мощности незначительны, мы ими пренебрегаем.

Коэффициент полезного действия КПД. При изменении нагрузки считают, что суммарные потери могут быть определены для машины постоянного тока путем сложения перечисленных выше потерь

$$\Sigma P = P_C + P_{MX} + P_M + P_B + P_{\text{щ}} + P_d$$

Если P_1 - мощность, подводимая к машине, и P_2 - мощность, полезно отдаваемая машиной, то

$$P_1 = P_2 + \Sigma P.$$

Коэффициент полезного действия КПД машины представляет собой отношение полезно отдаваемой ею мощности P_2 ко всей подводимой мощности P_1

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.$$

Определение КПД η непосредственно по приведенной формуле дает большую погрешность, так как величины P_1 и P_2 различаются незначительно. Поэтому величина КПД определяется через одну из мощностей и потери в машине.

Для двигателя полезная мощность

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

$$\eta_{\text{ДВ}} = \frac{P_1 - \sum P}{P_1} = 1 - \frac{\sum P}{P_1}.$$

Тогда

$$\eta_{\Gamma} = \frac{P_2}{P_2 + \sum P} = 1 - \frac{\sum P}{P_2 + \sum P}.$$

Таким образом величина КПД зависит от нагрузки и при номинальном режиме работы составляет 75÷85% в машинах малой мощности и до 95% в машинах большой мощности.

Ниже приведен расчет потери мощности двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением.

Электродвигатель постоянного тока со смешанным возбуждением рассчитан на:

$P_{2\text{ном}} = 2000$ Вт - номинальная мощность на валу двигателя;

$U_{\text{ном}} = 27$ В - номинальное напряжение, подведенное к двигателю;

$I_{\text{ном}} = 100$ А ток, потребляемый двигателем из сети;

$n_{\text{ном}} = 8000$ об/мин частота вращения якоря вала двигателя;

$\sum R = R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}} + R_{\text{C}} = 0,01443$ Ом – суммарное сопротивление,

где $R_{\text{я}}$ - сопротивление обмотки якоря;

$R_{\text{ДП}}$ - сопротивление обмотки добавочных полюсов;

R_{C} - сопротивление последовательной (серийной) обмотки возбуждения;

$R_{\text{ш}} = 6,75$ Ом - сопротивление параллельной (шунтовой) обмотки возбуждения

ПР – пусковой реостат; РР – регулировочный реостат;

ОВШ- параллельная (шунтовая) обмотка возбуждения;

OBC – последовательная (серийная) обмотка возбуждения; ОДП – обмотка добавочных полюсов.

Определить:

P_1 - мощность, потребляемую двигателем из сети; $\eta_{\text{ном}}$ - номинальный коэффициент полезного действия;

M - врачающий (полезный) момент на валу двигателя;

$I_{\text{я}}$ - ток в обмотке якоря (он же протекает через обмотку добавочных полюсов и последовательную обмотку возбуждения);

E – противо-ЭДС в обмотке якоря; $\sum P$ - суммарные потери мощности в двигателе;

$P_{\text{Э}} = P_{\text{я}} + P_{\text{ДП}} + P_{\text{C}} + P_{\text{ш}}$ - электрические потери мощности в обмотке якоря;

$P_{\text{ДП}}$ - электрические потери мощности в обмотке дополнительных полюсов;

P_{C} - электрические потери мощности в последовательной обмотке возбуждения;

$P_{\text{ш}}$ - электрические потери мощности в параллельной обмотке возбуждения;

$P_{\text{ш}}$ - электрические потери мощности в переходном контакте щеток коллектора, приняв $\Delta U = 2$ В

$P_{\text{доб}}$ - добавочные потери мощности;

$P_{\text{х}}$ - потери холостого хода, состоящие из потерь в стали и механических потерь.

Решение.

1. Мощность, потребляемая двигателем из сети $P_1 = U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{ном}} = 27 \cdot 100 = 2700$ Вт

2. КПД двигателя равен $\eta_{\text{ном}} = P_2 / P_1 = 100\% \cdot (2000 / 2700) = 74\%$.

3. Полезный врачающий момент на валу двигателя

$$M=9,55 (2000 / 8000) = 2,38 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

4. Ток параллельной обмотки возбуждения $I_{\text{ш}} = U_{\text{ном}} / R_{\text{ш}} = 27 / 6,75 = 4 \text{ А.}$

5. Ток, протекающий через обмотку якоря, обмотку добавочных полюсов, последовательную обмотку возбуждения (все эти обмотки соединены последовательно)

$$I_{\text{я}} = I_{\text{ном}} - I_{\text{ш}} = 100 - 4 = 96 \text{ А.}$$

6. Противо-ЭДС в обмотке якоря $E = U_{\text{ном}} - I_{\text{я}}(R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{c}}) - \Delta U_{\text{ш}} = 27 - 96 \cdot 0,01443 - 2 = 23,61 \text{ В.}$

Здесь $\Delta U_{\text{ш}}$ – потери напряжения в переходном контакте щеток на коллекторе.

7. Суммарные потери мощности в двигателе $\sum P = P_1 - P_{2\text{ном}} = 2700 - 2000 = 700 \text{ Вт}$

8. Электрические потери мощности в двигателе $P_{\text{э}} = P_{\text{я}} + P_{\text{дп}} + P_{\text{c}} + P_{\text{ш}} + P_{\text{ш}},$ где $P_{\text{я}} = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{я}} –$ потери мощности в якоре:

$P_{\text{дп}} = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{дп}}$ – электрические потери мощности в обмотке дополнительных полюсов;

$P_{\text{c}} = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{c}}$ – электрические потери мощности в последовательной обмотке возбуждения;

$P_{\text{ш}} = \Delta U_{\text{ш}} \cdot I_{\text{я}}$ – электрические потери мощности в переходном контакте щеток коллектора.

$P_{\text{ш}} = U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{ш}}$ или $P_{\text{ш}} = I_{\text{ш}}^2 \cdot R_{\text{ш}}$ или $P_{\text{ш}} = U_{\text{ном}}^2 / R_{\text{ш}}$ – электрические потери мощности в параллельной обмотке возбуждения;

Тогда получаем: $P_{\text{э}} = I_{\text{я}}^2 (R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{c}}) + \Delta U_{\text{ш}} \cdot I_{\text{я}} + U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{ш}} = 96^2 \cdot 0,01443 + 2 \cdot 96 + 27 \cdot 4 = 433 \text{ Вт.}$

9. Добавочные потери мощности, возникающие в обмотке якоря, вызванные искажением магнитного поля реакцией якоря и полями, возникающими вокруг секций, в которых происходит коммутация $P_{\text{доб}} = 0,01 \cdot P_{2\text{ном}} = 0,01 \cdot 2000 = 20 \text{ Вт.}$

10. Потери холостого хода, состоящие из потерь в стали и механических потерь

$$P_x = P_{\text{ст}} + P_{\text{мех}},$$

$$\text{т. к. } \sum P = P_{\text{э}} + P_x + P_{\text{доб}},$$

$$\text{то } P_x = \sum P - (P_{\text{э}} + P_{\text{доб}}) = 700 - (433 + 20) = 247 \text{ Вт.}$$

Надо знать два основных способа снижения потерь электроэнергии в двигателях постоянного тока в переходных процессах: 1) уменьшение момента инерции электропривода; 2) регулирование скорости идеального холостого хода двигателя.

Возникающие при пуске, реверсе, торможении, изменении скорости и изменении нагрузки токи, как правило, превышают номинальный уровень. По этой причине выделяющиеся в двигателе и других элементах ЭП потери могут быть весьма значительными и существенно влиять на энергетические показатели его работы.

Список литературы

1. Копылов И.П. Электрические машины.-М.: Высшая школа, Логос, 2000. -607 с.
2. Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П. Проектирование электрических машин. / Под ред. Копылова И.П. М: 2002. -757 с.
3. Бурковская Т.А. Проектирование электрических машин постоянного тока: Учеб. пособие. - Воронеж: Издательство "Научная книга", 2008.
4. Иванов - Смоленский А.В. Электрические машины. М: МЭИ, 2004.Ч 1. - 928 с.
5. Усольцев. Электрические машины. -Санкт-Петербург.: НИУ ИТМО, 21013. -416 с.
6. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Darslik.-T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. - 408 b.
7. Berdiev U.T., Pirmatov N.B. Elektromexanika. Texnika oliv oquv yurtlarining "Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari" va "Elektr energetika" yo'nalishi talabalari uchun darslik.- T.: Shams-Asa. 2014. -386 b.