

15 Потери и коэффициент полезного действия

В электрических машинах преобразование механической энергии в электрическую, и наоборот связано с потерями части энергии, которая, в конечном счёте, переходит в тепло, вследствие чего происходит повышение температуры отдельных частей машины. Допустимые пределы превышения температуры машины над температурой окружающей среды определяются теплостойкостью изолирующих материалов, и в первую очередь обмоток машины. В тех случаях, когда повышение температуры превосходит установленные пределы для данного класса изоляции, срок службы последней резко сокращается.

Различают основные и добавочные потери мощности, причём из основных, в свою очередь, выделяют постоянные и переменные. К постоянным потерям относят магнитные, или потери в стали машины, и механические.

Магнитные потери складываются из потерь на гистерезис и вихревые токи. Первые из них вызываются в основном перемагничиванием стали якоря при вращении его в магнитном поле машины, а вторые — возникновением в магнитной системе вихревых токов.

Магнитные потери зависят от частоты f перемагничивания стали якоря, т. е. от скорости его вращения, и от величины магнитной индукции B .

Потери на гистерезис

$$P_{\Gamma} = \delta_{\Gamma} (f / 100) B_{\text{MAX}}^2 m$$

где δ_{Γ} — коэффициент, зависящий от марки стали ($\delta_{\Gamma} \approx 2,4—4,7$); B_{MAX} — максимальное значение магнитной индукции в стали якоря, Тл; m — масса стали, кг.

Потери на вихревые токи

$$P_{\text{ВХ}} = \sigma_{\text{ВХ}} (f / 100)^2 B_{\text{MAX}}^2 m$$

где $\sigma_{\text{ВХ}}$ — коэффициент, зависящий от толщины листов стали и её качества ($\sigma_{\text{ВХ}} = 0,6—5,6$ при толщине листов стали до 0,5 мм; для листов стали толщиной 1 мм $\sigma_{\text{ВХ}}$ возрастает до 22,4).

Суммарные потери в стали

$$P_{\text{СТ}} = P_{\Gamma} + P_{\text{ВХ}}$$

Механические потери состоят из потерь в подшипниках, потерь на трение щёток о коллектор и контактные кольца, вентиляционных потерь, которые включают потери на трение частей машины о воздух.

Механические потери зависят только от скорости вращения и не зависят от нагрузки. В машинах постоянного тока мощностью до 100 кВт данные потери составляют около 2-4 % от номинальной мощности машины.

Сумма механических и магнитных потерь составляет потери холостого хода

$$P_0 = P_{\text{мех}} + P_{\text{ст}}$$

Если машина работает в режиме холостого хода как двигатель, то потребляемая ею из сети мощность

$$P_x = P_0 + I_B \cdot U.$$

К переменным потерям, которые называют также потерями в меди или электрическими потерями, относят потери на нагрев обмоток якоря и возбуждения и потери в щётчных контактах:

$$P_{\text{эл}} = I_a^2 \cdot R_a + I_B^2 \cdot R_B$$

К *добавочным* относят потери, вызванные различными вторичными явлениями, зависящими от тока нагрузки. Одна часть рассматриваемых потерь возникает вследствие искажения кривой магнитного поля в воздушном зазоре при нагрузке под влиянием поперечной реакции якоря. В результате этого магнитный поток распределяется по зубцам и сечению спинки якоря неравномерно.

КПД машин постоянного тока

$$\eta = P_2 / P_1,$$

где P_1 — подводимая к машине мощность (у генератора — это механическая мощность, сообщаемая ему первичным двигателем (при независимом возбуждении включает в себя также мощность для питания цепи обмотки возбуждения), у двигателя — мощность, потребляемая им от источника постоянного тока); P_2 — полезная мощность машины (у генератора это электрическая мощность, отдаваемая приёмнику, у двигателя — механическая мощность на валу).

Современные МПТ имеют высокий КПД: для мощности 10 кВт КПД составляет 83—87 %, мощности 100 кВт — 88—93 % и мощности 1000 кВт — 92—96 %. Машинам большей мощности свойственен более высокий КПД.