

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТА В ДВИГАТЕЛЯХ С ТОРМОЗНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

В.В. СОЛЕНКОВ, В.В. БРЕЛЬ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Возрастающая потребность в электродвигателях с надежно действующими электромеханическими тормозными устройствами объясняется тем, что, по сравнению с электрическими, механические способы торможения позволяют значительно увеличить число торможений в час, обеспечить постоянство тормозного момента, улучшить тепловой режим двигателя, упростить схему управления, сократить число пусковой аппаратуры и т. п. [1, 2]. В связи с этим повышаются требования к основным узлам встраиваемых тормозных устройств, в частности, к растормаживающим электромагнитам.

Электромагнит цилиндрического типа с дисковым якорем наиболее полно сочетается с основными узлами асинхронного двигателя общепромышленного исполнения [3] (рис. 1).

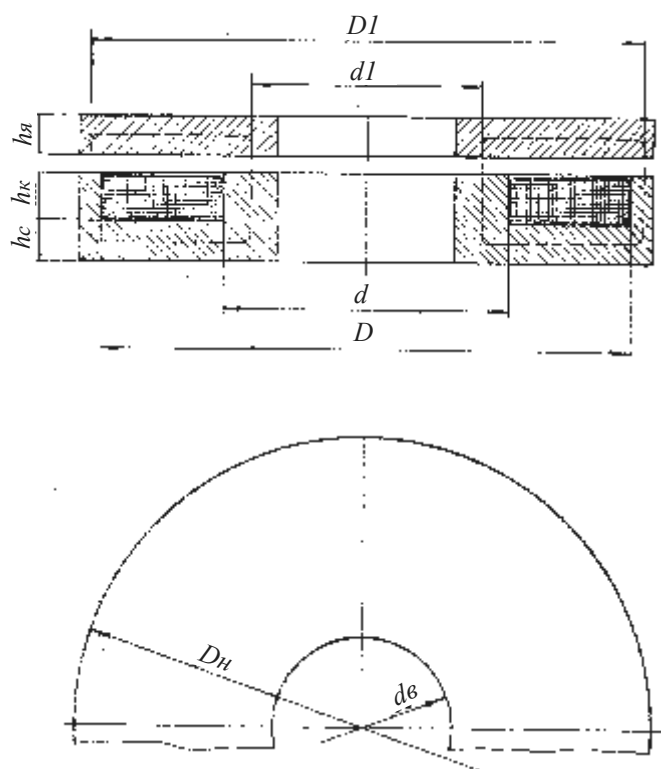


Рис. 1. Электромагнит цилиндрического типа

В общем виде задачу проектного расчета электромагнита сформулируем следующим образом [4]. По заданному усилию, ходу якоря, тепловому режиму рассчитать размеры магнитопровода и параметры катушки, обеспечивающие заданные параметры при минимальных габаритах. То есть геометрические размеры и параметры электромагнита должны удовлетворять требованию минимальной высоты электромагнита. Выбор этого требования в качестве основного критерия оптимальности объясняется стремлением

максимально приблизить осевую длину тормозного электродвигателя к соответствующей длине базового ЭД.

Считается [4], что устройство обладает оптимальными параметрами, если оно наилучшим образом отвечает предъявленным требованиям (критериям) по сравнению с другими возможными вариантами. Проблема оптимизации сводится к нахождению этих оптимальных параметров.

При проектировании электромагнита были введены допущения, что потоки рассеяния и выпучивания отсутствуют, а распределение индукции в воздушном зазоре равномерно. Погрешность от введения таких допущений будет невелика, так как растормаживающие электромагниты обычно выполняются короткоходовыми ($\delta = 0,3 - 1,2$ мм), что значительно уменьшает влияние потоков рассеяния, выпучивания и неравномерности поля в воздушном зазоре на результаты расчета [1, 5].

Кроме принятых допущений, будем считать, что противодействующее усилие возвратной пружины постоянно на протяжении всего хода якоря при срабатывании, а площади полюсов одинаковы и равны площади среднего сечения магнитопровода на участке между ними, т. е.

$$\frac{\pi(D_H^2 - D^2)}{4} = \frac{\pi(d^2 - d_B^2)}{4} = \frac{\pi(D_1 + d_1)}{2} h_{я} = \frac{\pi(D_1 + d_1)}{2} h_c, \quad (1)$$

где

$$D_1 = \frac{D_H + D}{2}, \quad d_1 = \frac{d + d_B}{2}.$$

Индукция в воздушных зазорах (рис. 1) согласно [6] равна:

$$B_{\delta} = \frac{2}{K_c D_H} \sqrt{\frac{\mu_o F_{\text{пр}} \left[\left(\frac{d}{D} \right)^2 + 1 \right]}{\pi \left[\left(\frac{d}{D} \right)^2 - \left(\frac{d_B}{D_H} \right)^2 \right]}}, \quad (2)$$

где $F_{\text{пр}}$ – противодействующее усилие пружины;

K_c – коэффициент, учитывающий возможное снижение напряжения питания;

μ_o – магнитная постоянная.

Индукция в наиболее и наименее напряженных сечениях магнитопровода:

$$B_{\max} = \frac{B_{\delta}}{2} \left(1 + \frac{D_1}{d_1} \right); \quad (3)$$

$$B_{\min} = \frac{B_{\delta}}{2} \left(1 + \frac{d_1}{D_1} \right). \quad (4)$$

Расчетное значение напряженности магнитного поля на участках магнитопровода между полюсами, причем H_{\max} и H_{\min} – напряженности поля в наименьшем и наибольшем сечениях этих участков:

$$H_{\text{расч}} = \frac{H_{\max} + 4H + H_{\min}}{6}, \quad (5)$$

где H – напряженность магнитного поля на участке с сечением, равным площади полюса.

В ранних работах [6] значения внешнего D_H и внутреннего диаметра d_B электромагнита задавали исходя из радиальных размеров базового двигателя и конструктивных особенностей тормозного устройства. Тем самым была не учтена зависимость между значением d_B и высотой электромагнита $h_3 = h_C + h_K + h_Я$, из которой следует, что с увеличением d_B уменьшается h_3 и существенно уменьшается объем активных материалов (меди и стали) электромагнита. Данная закономерность выводится из принятого условия (1), что площади полюсов одинаковы и равны площади среднего сечения магнитопровода на участке между ними. Увеличивая d_B , увеличивается площадь среднего сечения магнитопровода на участке между полюсами, тем самым увеличивается рабочий поток в сердечнике на пути его следования, при этом незначительно уменьшается площадь полюсов. Все это в сумме приводит к тому, что уменьшается h_3 и существенно уменьшается объем активных материалов электромагнита.

Из (1) и (4) следует, что с увеличением d_B , увеличивается B_{min} , соответственно. По кривой намагничивания материала магнитопровода определяем увеличение H_{min} и по (5) увеличение $H_{РАСЧ}$. Согласно закону полного тока МДС, необходимая для удержания якоря электромагнита в притянутом положении, равна:

$$(wI)_y = 2H(h_я + h_k) + 2H_\delta \delta_0 + H_{РАСЧ}(D_1 - d_1), \quad (6)$$

где H_d – напряженность магнитного поля на участке в остаточном воздушном зазоре δ_0 .

Отсюда следует, что с ростом $H_{РАСЧ}$ увеличивается МДС и соответственно увеличивается рабочий магнитный поток. Данные закономерности позволяют проектировать электромагнит, обеспечивающий заданные параметры при минимальных габаритах.

Ограничение на увеличение d_B накладывает условия прочности конструкции электромагнита и насыщение участков магнитопровода.

Учет данной оптимизации при проектировании встраиваемого электромагнита для двигателя АИР100L4У3 позволил уменьшить высоту электромагнита h_3 с 27 мм до 15 мм, что является существенным, так как длина вала электродвигателя со стороны вентилятора, задействованного под электромагнит, должна быть не более 20 мм.

На кафедре «Теоретические основы электротехники» УО «ГГТУ имени П.О. Сухого» были экспериментально подтверждены полученные результаты.

Литература

1. Гусельников Э.М. Перспективы развития асинхронных двигателей со встроенным тормозным устройством //Электротехника. – 1986. – № 10. – С. 20-23.
2. S.E.I.M.E.C. Catalogue 2. – Via Archimede, 115 (Italia) – <http://www.seimecmotori.it> – 2002.
3. Молчанов Ю.М. Электродвигатели со встроенным электромагнитным тормозом. – М.: Энергия, 1970. – 64 с.
4. Казаков Л.А. Электромагнитные устройства радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Советское радио, 1978. – 168 с.
5. Сливинская А.Г., Гордон А.В. Электромагниты со встроенными выпрямителями. – М.: Энергия, 1970. – 65 с.
6. Соленков В.В. Расчет электромагнита с форсировкой для электродвигателей со встроенным тормозом /Соленков В.В., Гринберг В.С., Гусельников Э.М. – В кн.: Электрооборудование автоматизированных установок. – Томск, 1980. – С. 59-63.