

Торшин Владимир Викторович, Круковский Леонид Ефимович

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/39.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2009. № 12 (31): в 2-х ч. Ч. I. С. 116-120. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

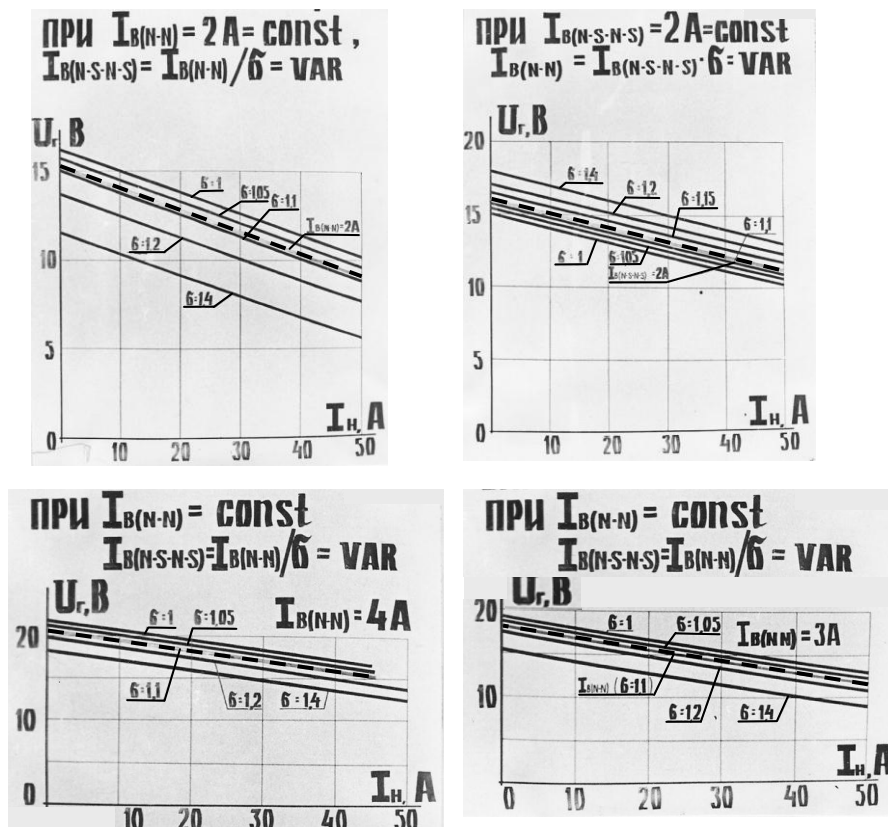


Рис. 7. Внешние характеристики генератора для разных значений коэффициента рассеяния σ

При этих значениях коэффициента рассеяния, внешние характеристики генератора $U_g = f(I_H)$ для четырехполюсной машины (N-S-N-S) либо совпадают, либо находятся ниже нагрузочной характеристики двухполюсной машины (N-N). Полученный экспериментальным путем коэффициент рассеяния $\sigma = 1,1$, дает возможность экономить медный провод в обмотке возбуждения до 30%. Для объяснения этого факта следует вначале сравнить двухполюсную электрическую машину N-S типа с двухполюсной машиной N-N типа, а затем двухполюсную электрическую машину N-N типа, с классической четырехполюсной машиной (N-S-N-S). Но это уже тема для другой статьи.

Список литературы

1. Вольдек А. И. Электрические машины. Л.: Энергия, 1978. С. 527.

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Торшин Владимир Викторович, Круковский Леонид Ефимович
Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

Сравнение характеристик электрических машин постоянного тока с разными типами возбуждения магнитного поля будем вести по следующим параметрам: намагничивающей силе, количеству активных проводников в якоре, мощности, затрачиваемой на возбуждение магнитного поля.

- Сравнение магнитных цепей машин N-N и N-S типа

Исследуем магнитные цепи машин и сравним их. Естественно, геометрические размеры в обеих машинах должны быть одинаковы (Рис. 1).

Отличие магнитных цепей состоит только в том, что в машине N-N типа добавляются еще два дополнительных полюса для того, чтобы исключить резкое снижение магнитного потока вследствие большого зазора между якорем и ярмом машины. Итак, геометрические параметры для обоих типов машин примут следующие соотношения: высота полюсов $h_{П1} = h_{П2}$; воздушный зазор $\delta_1 = \delta_2$; диаметр якоря $d_{a1} = d_{a2}$; диаметр ярма $D_{Я1} = D_{Я2}$.

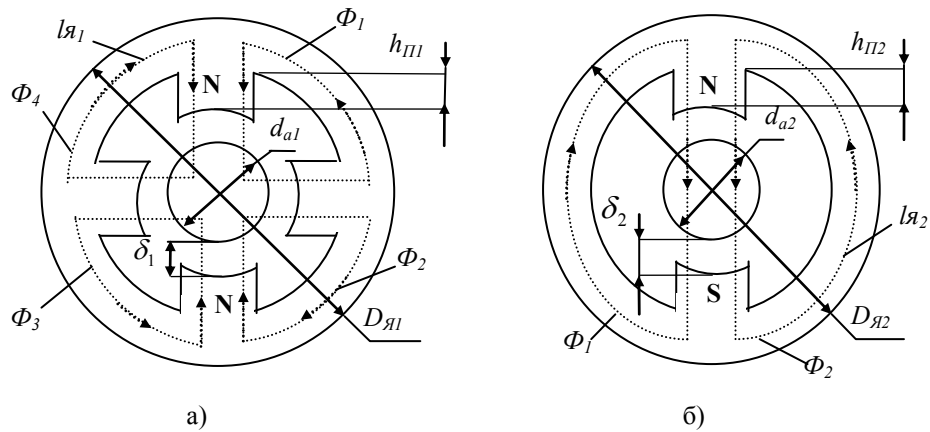


Рис. 1. Геометрические параметры электрических машин и распределение магнитных потоков: а) машина N-N типа; б) машина N-S типа

Полные намагничивающие силы обмоток возбуждения для машин N-N и N-S типа можно вычислить по формулам [1]:

для машины N-N типа $F_{B1} = 2 \cdot I_1 \cdot w_1$,

для машины N-S типа $F_{B2} = 2 \cdot I_2 \cdot w_2$,

где I - ток в обмотке возбуждения, w - число витков в обмотке возбуждения.

Согласно начальным условиям количество витков в полюсах и ток возбуждения должны быть равны, т.е. $w_1 = w_2 = w$, $I_1 = I_2 = I$. Тогда по закону полного тока можно записать следующее уравнение для намагничивающих сил для обоих типов машин [1]:

для машины N-N типа $\sum_{i=1}^n H_i \cdot l_i = I \cdot w$,

для машины N-S типа $\sum_{i=1}^n H_i \cdot l_i = I \cdot w$,

где H_i , H_{i_2} - напряженность магнитного поля на i -м участке магнитной цепи машины первого и второго типа, l_i , l_{i_2} - длина участка магнитной цепи в машинах N-N и N-S типа.

Итак, учитывая распределение магнитного потенциала на отдельных участках цепи в электрических машинах, можно записать полное уравнения для намагничивающих сил в следующем виде:

для полюса машины N-N типа $2 \cdot (H_{\delta_1} \cdot \delta + H_{П1} \cdot h_{П1} + H_{a1} \cdot l_a + H_{z1} \cdot l_z + H_{Я1} \cdot l_{Я1}) = I \cdot w$,

для полюса машины N-S типа $2 \cdot (H_{\delta_2} \cdot \delta + H_{П2} \cdot h_{П2} + H_{a2} \cdot l_a + H_{z2} \cdot l_z + H_{Я2} \cdot l_{Я2}) = I \cdot w$,

где l_z - длина участка зубцовой зоны, H_{z1} - напряженность магнитного поля на участке зубцовой зоны.

Магнитный поток в машине N-S типа складывается из *четырех* полупотоков. Два из них (Φ_2 и Φ_3) образуются благодаря северному полюсу N, а два других полупотока (Φ_1 и Φ_4) формируются южным полюсом S (Рис. 2).

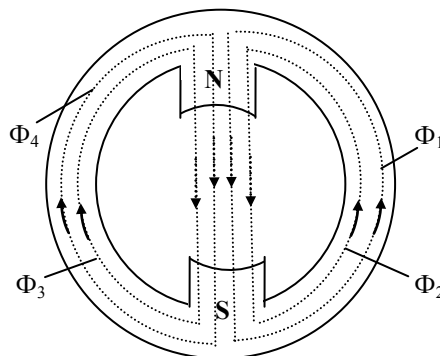


Рис. 2. Магнитные потоки в машине N-S типа

Следовательно, на один полюс приходится четыре полупотока. Если принять магнитный полупоток, который создает обмотка возбуждения через $\frac{\Phi}{2}$, то на один полюс придется $4 \cdot \frac{\Phi}{2}$, т.е. $2 \cdot \Phi$. Магнитный поток в машине *N-N типа* тоже складывается из четырех полупотоков (Рис. 1). Однако в каждом полюсе создается только два полупотока $2 \cdot \frac{\Phi}{2}$, то есть Φ . На первый взгляд магнитный поток на полюс в машине *N-S типа* больше чем в машине *N-N типа* в два раза, т.е. увеличение числа полюсов не может вызвать увеличение э.д.с. как будет показано ниже. Однако это неверно.

В машине *N-S типа* средняя длина силовой магнитной линии более чем в два раза больше чем в машине *N-N типа*. Если бы магнитная цепь была составлена из целого металла и не имела бы промежутков (воздушных зазоров), то в этом случае полная намагничивающая сила могла быть рассчитана следующим образом.

Поскольку $l_2 = 2 \cdot l_1 = 2 \cdot l$, то:

для полюса машины *N-N типа* имеем $H_1 \cdot l_1 = I \cdot w$, откуда $H_1 = \frac{I \cdot w}{l}$;

для полюса машины *N-S типа* имеем $H_2 \cdot l_2 = I \cdot w$, откуда $H_2 = \frac{I \cdot w}{2 \cdot l}$.

В этом случае магнитные индукции в машинах обоих типов будут [1]:

$$B_1 = \mu \cdot \mu_0 \cdot H_1 = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot w}{l};$$

$$B_2 = \mu \cdot \mu_0 \cdot H_2 = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot w}{2 \cdot l}.$$

Магнитные потоки в полюсах могут быть подсчитаны по следующим формулам [1]:

$$\Phi_1 = \frac{B_1}{S_1} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot w}{l \cdot S_1},$$

$$\Phi_2 = \frac{B_2}{S_2} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot w}{2 \cdot l \cdot S_2}.$$

Так как площади полюсов в обоих типах машин равны между собой ($S_1 = S_2$), то суммарный поток на полюс будет

$$\Phi_{\Sigma_1} = \frac{\Phi}{2} + \frac{\Phi}{2} = \Phi = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot w}{l};$$

$$\Phi_{\Sigma_2} = 4 \cdot \frac{\Phi}{2} = 2 \cdot \Phi = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot w}{2 \cdot l} \cdot 2 = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot w}{l}.$$

Таким образом, несмотря на то, что в машине *N-S типа* в полюсе образуются четыре полупотока, а в машине *N-N типа* только два, образующийся суммарный магнитный поток в полюсе в обоих случаях *одинаков*.

- *Сравнение по числу активных проводников якоря*

Направление магнитных силовых линий поля возбуждения для машины *N-N типа* показано на Рис. 3а, а активные проводники якоря (т.е. проводники, с которых возможен съем электродвижущей силы) показаны на Рис. 3б.

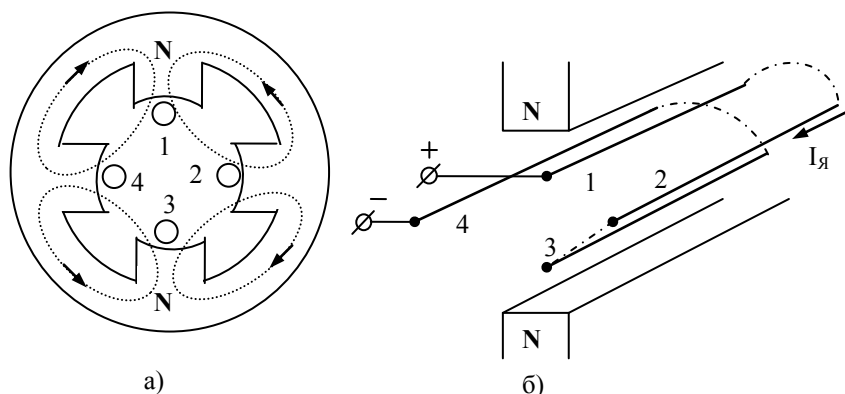


Рис. 3. Направление магнитных силовых линий и активные проводники якоря в машине *N-N типа*

Как видно из Рисунка 3б, в простейшем случае число активных проводников якоря равно четырем. Если соединить эти проводники якоря *последовательно*, то можно получить э.д.с., равную $4E$, где E - э.д.с., индуцируемая в одном проводнике якоря. В случае *параллельного* соединения активных проводников якоря, в этой схеме можно создать ток в два раза больший, чем при обычном включении (N-S) полюсов. Частота изменения электродвижущей силы в этом случае выше, чем в классической машине N-S типа. Рассмотрим формулу, определяющую э.д.с. якоря электрической машины постоянного тока. Как известно, она может быть записана в виде [1]:

$$E_a = \frac{pN}{a} \cdot \Phi_\delta \cdot n = C_e \cdot \Phi_\delta \cdot n,$$

где p - число пар полюсов, a - число параллельных ветвей, N - число проводников, Φ_δ - магнитный поток машины, n - частота вращения якоря.

Подсчитаем электродвижущие силы (э.д.с.), которые могут создаваться в машине N-S и N-N типа. Для этого предположим, что следующие величины в обеих машинах равны:

Число проводников в машине N-N и N-S типа

$$N_1 = N_2 = N;$$

Магнитный поток

$$\Phi_{\delta 1} = \Phi_{\delta 2} = \Phi_\delta$$

Частота вращения якоря

$$n_1 = n_2 = n.$$

Число параллельных ветвей

$$a_1 = a_2 = a.$$

Число пар полюсов

$$p_1 = 2 p_2.$$

Тогда с учетом равенства значений параметров можно записать выражение для электродвижущей силы:

для машины N-N типа

$$E_{a1} = \frac{2 \cdot N}{a} \cdot \Phi_\delta \cdot n,$$

для машины N-S типа

$$E_{a2} = \frac{1 \cdot N}{a} \cdot \Phi_\delta \cdot n.$$

Как можно видеть отношение величин E_{a1} и E_{a2} равно 2, т.е. при равном числе параллельных ветвей электродвижущая сила, возникающая в машине N-N типа больше чем в машине N-S типа в два раза, $E_{a1} = 2 E_{a2}$. Если принять, что число параллельных ветвей $a_1 = 2 a_2$, то при одинаковой электродвижущей силе в якорю можно получить в два раза больший ток $I_{a1} = 2 I_{a2}$.

Таким образом, сохраняя количество меди в якорю, в машине N-N типа, можно получить увеличение, либо э.д.с., либо тока в два раза по сравнению с машиной N-S типа.

- Сравнение по мощности, затрачиваемой на возбуждение

Рассмотрим обмотки возбуждения в машинах N-S типа и N-N типа. Примем, что в обеих машинах активные полюса имеют одинаковое количество витков и электрическое сопротивление обмоток. Кроме того, ток возбуждения в обмотках полюсов имеет одинаковую величину (Рис. 4).

Тогда для машины N-N типа мощность, затрачиваемая на возбуждение магнитного поля, можно выразить как [1] $P_{\text{IV}} = I_1^2 \cdot r_{B1}$. Для машины N-S типа мощность, затрачиваемая на возбуждение магнитного поля $P_{\text{IV}} = I_2^2 \cdot r_{B2}$.

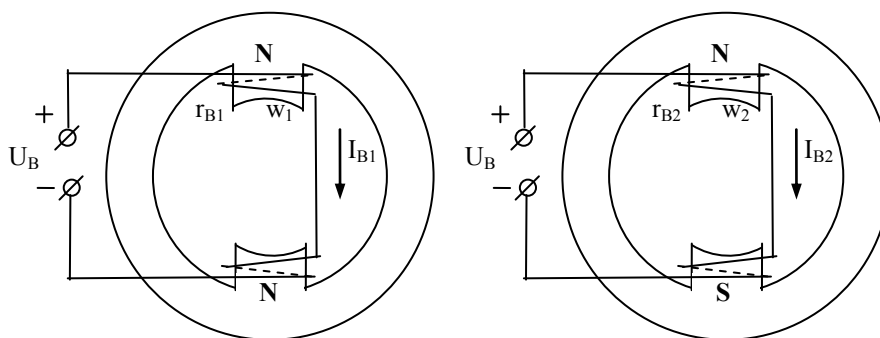


Рис. 4. Схема питания обмоток возбуждения для машин N-S и N-N типа (еще два полюса на рисунке не показаны)

Поскольку согласно начальным условиям токи возбуждения в обеих машинах равны $I_1 = I_2$, также равны и их электрические сопротивления обмоток $r_{B1} = r_{B2} = r_B$, так как полюса имеют одинаковое количество витков $w_1 = w_2$. Тогда мощность, затрачиваемая на возбуждение магнитного поля в обеих машинах одинакова, т.е. $P_{\text{IV}} = P_{\text{IV}}$.

Итак, согласно представленным расчетам можно сделать следующие теоретические выводы *сравнения* электрических машин N-N и N-S типа.

Во-первых, в машине N-N типа можно получить увеличение э. д. с. в два раза по сравнению с машиной N-S типа, если число параллельных ветвей «а» в обоих случаях одинаково. *Во-вторых*, теоретически в ма-

шине *N-N типа* можно получить *увеличение тока в два раза*, если увеличить количество параллельных ветвей в два раза. В-*третьих*, Мощности, затрачиваемые на возбуждение, а следовательно и затраты на медь одинаковы. В-*четвертых*, в конструкции машины *N-N типа* требуется дополнительно два полюса для проведения магнитного потока и двух щеток для снятия дополнительной э.д.с.

Таким образом, из *двухполюсной* машины можно создать электрическую машину, обладающую свойствами *четырёх* полюсной машины, повысив тем самым мощность и к.п.д. *двух* полюсной машины за счет включения в работу *дополнительных* проводников якоря.

Список литературы

1. Вольдек А. И. Электрические машины. Л.: Энергия, 1978. С. 527.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Торшин Владимир Викторович, Пащенко Федор Федорович
Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

Научно-технический прогресс требует совершенствования и углубление знаний при создании новых электрических машин. Проблема состоит в том, чтобы повысить эффективность не только существующих типов электрических машин, но и создать образцы на основе *новых эффектов*, законов и закономерностей. Для этого необходимо не только совершенствовать существующие конструкции машин, но и рассматривать с новых позиций те составляющие физических законов, на которых основываются принципы действия этих машин.

В основе работы большинства электрических машин лежит магнитное поле [1], [2]. Поэтому задачи *получения, распределения и использования* магнитного поля являются весьма актуальными задачами при создании новых *перспективных электрических машин* и совершенствования известных, хорошо зарекомендовавших себя на практике. Если применить принцип суперпозиции, когда магнитное поле можно рассматривать отдельно от электрического поля (хотя в действительности это невозможно, поскольку оба поля являются единым электромагнитным полем), то можно выявить некоторые особенности магнитного поля.

Следует сказать, что речь идет, прежде всего, о *магнитном поле возбуждения постоянных электрических машин*. При технических расчетах, почти во всех электрических машинах постоянного тока, поле возбуждения принимается равномерно распределенным (соленоидальным) или *однородным магнитным полем вдоль воздушного зазора* [2]. Хотя, если строго подходить, то в таком поле имеются участки с большей или меньшей концентрацией плотности магнитной индукции вследствие неравномерности поверхности, как самих полюсных башмаков, так и неравномерностей поверхности ротора, набранного из пластин. Кроме того, на краях полюсов имеет место «*выпучивание*» магнитного поля, т. е. образуется так называемое *поле рассеяния*. Такие краевые потоки рассеяния магнитного поля является отрицательным свойством для электрических машин, поскольку в пространство уходит полезная часть энергии на возбуждение магнитного поля.

Итак, магнитное поле возбуждения в зазорах электрических машин не является *жестко равномерным и однородным*, однако на практике этими потерями пренебрегают, а потери на создание магнитного поля возбуждения учитываются с помощью различных коэффициентов, естественно считая, что магнитное поле в зазоре *однородно*. Если каким-то образом, *использовать эти потери энергии магнитного поля*, то можно повысить мощность, к.п.д. и другие динамические характеристики электрических машин.

Кроме указанного, в электрических машинах *постоянного* тока *не используются те участки обмотки ротора, в которых непосредственно вырабатывается э.д.с.*, или иначе выражаясь, протекают силовые токи якоря. Например, в двухполюсных электрических машинах постоянного тока основные *активные* проводники якоря, в которых наводится э.д.с. (в режиме генератора) или протекают токи источника (в режиме двигателя) находятся под *главными* полюсами. Те же *проводники якоря*, которые находятся *между полюсами, не участвуют* в создании э.д.с. или механического момента, или имеют невысокие величины. На «*геометрической*» нейтрали создаваемые такими проводниками э.д.с. или момент, в этой зоне вообще равны нулю. Именно поэтому на этой нейтрали устанавливают щетки, для того чтобы смена полярности протекающего в рамке обмотки якоря проходила без искрения. Это обстоятельство приводит к тому, что 30%-40% активных проводников якоря размещается вне поля возбуждения, а, следовательно, *почти половина проводников якоря работает холостую*. Точно такое же явление происходит и в электрических машинах с большим числом пар полюсов, с той лишь разницей, что в этом случае, использование магнитного поля более рационально. Если каким-то образом, *создать условия для участия «холостых» проводников*, то технические показатели электрических машин (и, прежде всего мощность и к.п.д.) *можно существенно повысить*.

Посмотрим как с помощью *логических преобразований* [3] можно создать такие условия, при которых появляется возможность использования «*холостых*» проводников в электрических машинах постоянного тока. В ранее опубликованной статье [4] рассматривалась методика построения различных логических функций в электродинамике и, в частности, приводится выражение для *обобщенного закона Ампера, выраженного в логической форме*, который можно записать с помощью алгебры логики в виде следующей конъюнкции: