

РАЗРАБОТКА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДВУХКАНАЛЬНОГО ПОЛЯРИЗОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

С. В. Колесников, В. Г. Собынин, А. А. Клопов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В настоящее время с развитием технологий изготовления высококоэрцитивных магнитов приводы, у которых рабочий угол поворота менее 180° , рационально строить на основе поляризованных электроприводов, так как они имеют высокие удельные силовые характеристики и простую конструкцию. Кроме того, они имеют фиксирующие моменты в крайних положениях, поэтому конструкция электропривода не требует наличия фиксаторов.

Силовые приводы систем автоматики в связи с заданным алгоритмом работы должны иметь как минимум два электрически развязанных канала управления, поэтому, как правило, обмотка такого привода наматывается бифилярным проводом. Поставленные задачи электропривод должен выполнять при работе только от одного канала (половина обмотки не работает).

Цель данной работы – получить с заданными параметрами статические моментные характеристики электро-

привода в одноканальном режиме работы в результате расчета на трехмерной конечно-элементной модели.

1. Постановка задачи

Исходной для расчета магнитной системой (МС) поляризованного электропривода является МС [1], которая изображена на рис. 1. Для получения тяговой характеристики электропривода, лежащей выше изображенной на рис. 2, можно варьировать только параметрами полюсов магнитопровода и параметрами ротора в заданных габаритах.

На рис. 1 позициями обозначены: 1 – постоянные магниты, 2 – магнитопровод статора, 3 – магнитопровод якоря, 4 – обмотка. Силовые характеристики данной МС электропривода в зависимости от угла поворота якоря φ при нормальных условиях (температура 20°C) и задание на тяговую характеристику приведены на рис. 2. Материал магнитов – КС25 группа 4а ПОТУ9 (коэрцитивная сила $H_{C25} = 752000 \text{ A/m}$, остаточная индукция $B_{r25} = 1,1 \text{ Тл}$) [2].

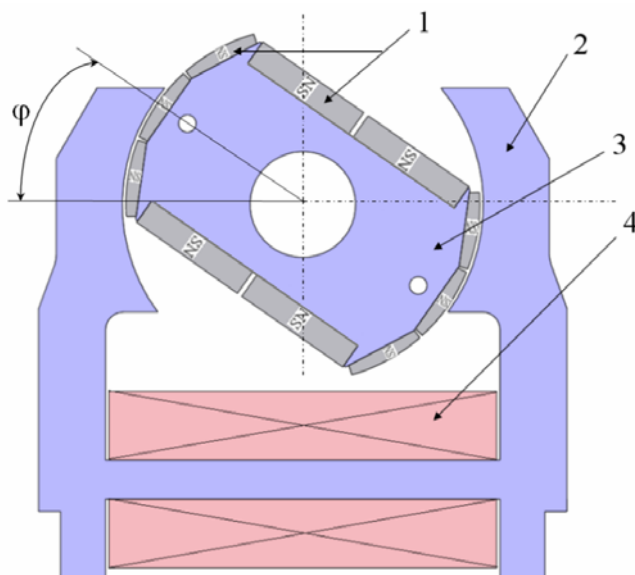


Рис. 1. Магнитная система поляризованного электропривода: 1 – постоянные магниты, 2 – магнитопровод статора, 3 – магнитопровод якоря, 4 – обмотка

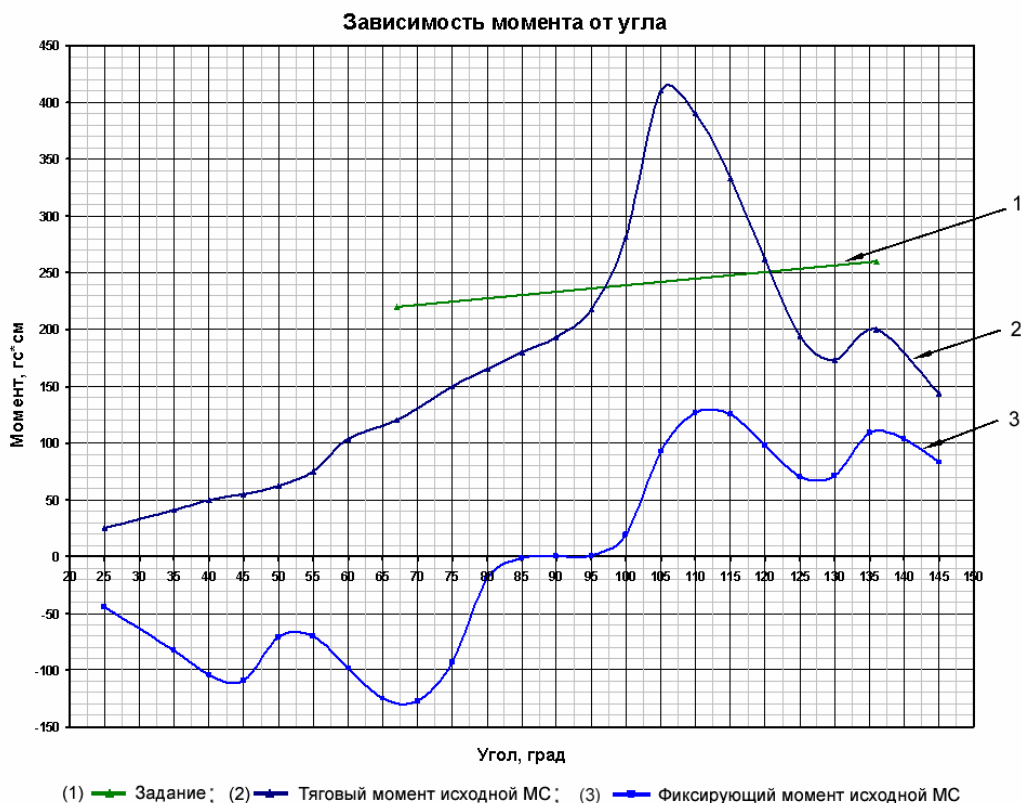


Рис. 2. Силовые характеристики исходной МС электропривода и задание на тяговую характеристику

Материал магнитопроводов статора и якоря – 27КХ с характеристиками согласно [3].

Зависимость сопротивления электрической цепи катушки от температуры $R(T)$ вычисляется по формуле

$$R(T) = R_0 \cdot [1 + \alpha_R \cdot (T - T_0)], \quad (1)$$

где R_0 – сопротивление при нормальной температуре $T_0 = 20^\circ\text{C}$, Ом; α_R – температурный коэффициент сопротивления, $^\circ\text{C}^{-1}$; T – текущая температура, $^\circ\text{C}$.

Значение тока в электрической цепи катушки от температуры $I(T)$ определяется по закону Ома

$$I(T) = \frac{U}{R(T)}, \quad (2)$$

где U – напряжение питания электрической цепи обмотки, В.

Параметры, необходимые для расчета:

- угол поворота якоря, $\varphi = (25..136)^\circ$;
- количество катушек в обмотке, $K = 1$ катушка;
- число витков в каждой катушке обмотки, $\omega = 650$ витков;
- напряжение питания электрической цепи обмотки, $U = (18..32)$ В;
- рабочий диапазон температур, $T = (-40..50)^\circ\text{C}$;
- сопротивление электрической цепи катушки при нормальных условиях, $R(20^\circ\text{C}) = 11$ Ом;
- температурный коэффициент сопротивления, $\alpha_R = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ [4].

2. Расчеты

Расчеты проводились в постановке 1 методом последовательного приближения путем варьирования геометрических параметров МС поляризованного электропривода. Для расчетов использовался конечно-элементный пакет.

3. Результаты расчетов

В результате расчетов получена МС [5] поляризованного электропривода, которая отвечает постановке 1. МС изображена на рис. 3, где позициями обозначены: 1 – постоянные магниты якоря, 2 – магнитопровод статора, 3 – магнитопровод якоря, 4 – обмотка, 5 – постоянные магниты статора. Скорректированная МС получена из исходной путем добавления в полюса статора постоянных магнитов 5, утолщением полюсных магнитов ротора и уменьшения высоты полюсов статора.

Уменьшение высоты полюсов статора привело к растягиванию тяговой моментной характеристики вдоль рабочего угла вследствие увеличения магнитного сопротивления статора. Снижение тягового момента компенсируется дополнительной поляризацией статора введением в его полюса дополнительных магнитов, намагниченных согласно рисунку 3, и увеличением толщины полюсных магнитов ротора, в результате чего взаимодействие усиленных потоков статора и ротора подняло значение тягового момента на заданный уровень.

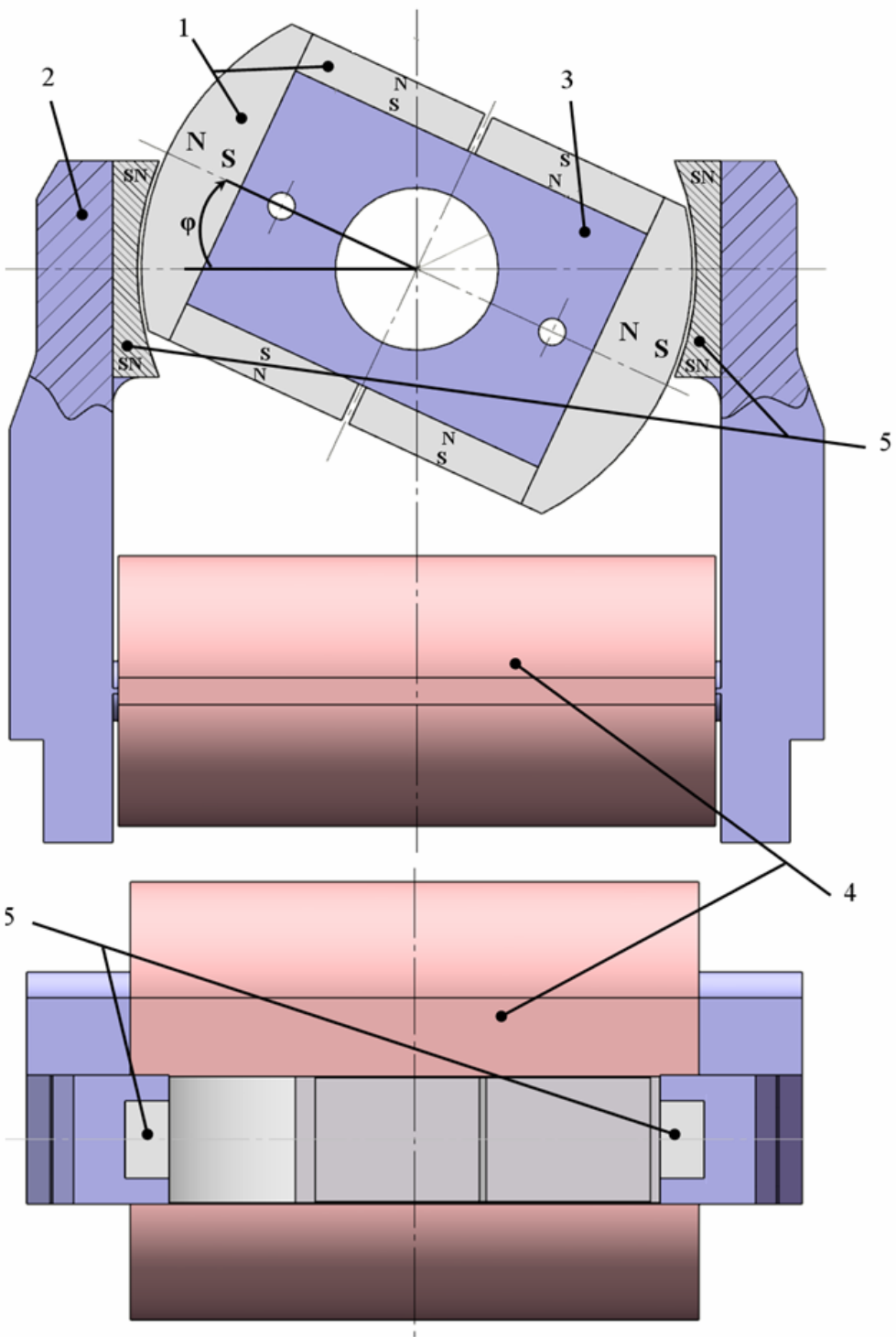


Рис. 3. Скорректированная магнитная система электропривода: 1 – постоянные магниты якоря, 2 – магнитопровод статора, 3 – магнитопровод якоря, 4 – обмотка, 5 – постоянные магниты статора

Силловые характеристики скорректированной МС при работе в нормальных условиях ($I(20^{\circ}\text{C}) = 1,636 \text{ A}$)

от одного канала управления (одна обмотки обесточена, напряжение $U = 18\text{В}$) приведены в таблицах 1, 2 и на рис. 4.

Зависимость тягового момента $M_{\text{тяг}}$ от угла φ

φ , град	25	35	40	45	50	55	60	67	75	80	85	90
$M_{\text{тяг}}$, гс·см ($U=18\text{В}$, $T=20^\circ\text{C}$)	84	112	138	163	193	217	224	244	271	280	289	293
φ , град	95	100	105	110	115	120	125	130	136	145		
$M_{\text{тяг}}$, гс·см ($U=18\text{В}$, $T=20^\circ\text{C}$)	296	300	307	311	323	450	530	558	563	522		

Таблица 2

Зависимость фиксирующего момента $M_{\text{фикс}}$ от угла φ

φ , град	25	35	40	45	50	55	60	67	75	80	85	90
$M_{\text{фикс}}$, гс·см	-158	-167	-155	-139	-117	-93	-70	-13	20	36	48	60
φ , град	95	100	105	110	115	120	125	130	136	145		
$M_{\text{фикс}}$, гс·см	73	87	102	115	136	256	351	405	448	452		

Зависимость момента от угла

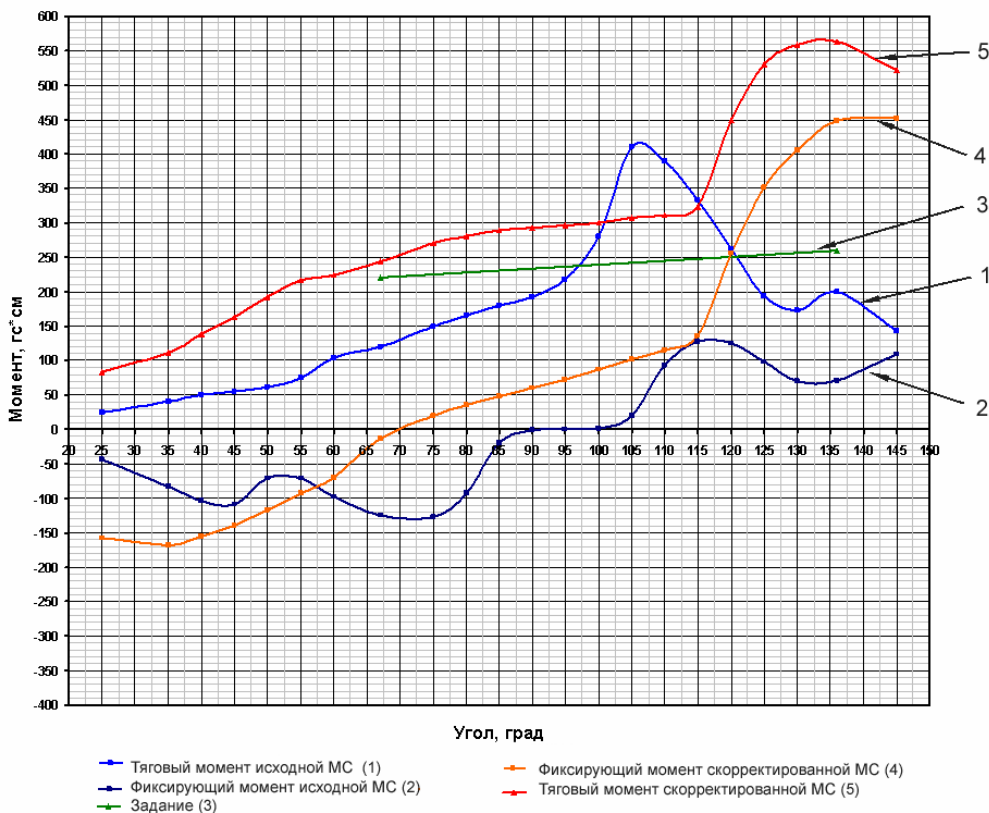


Рис. 4. Силовые характеристики исходной и скорректированной МС электропривода

Из рис. 4, видно, что кривая тягового момента скорректированной МС находится несколько выше прямой из рис. 2. Для подтверждения работоспособности МС поляризованного электропривода в рабочем диапазоне температур $T = (-40 \dots 50)^\circ\text{C}$ достаточно вычислить всего лишь тяговый момент на уг-

лах 25° и 67° при напряжении питания $U = 18\text{ В}$ и температуре 50°C . Значения тягового момента $M_{\text{тяг}}(25^\circ, 50^\circ\text{C}) = 57\text{ гс} \cdot \text{см}$, $M_{\text{тяг}}(67^\circ, 50^\circ\text{C}) = 232\text{ гс} \cdot \text{см}$, что свидетельствует о работоспособности поляризованного электропривода во всем диапазоне рабочих температур.

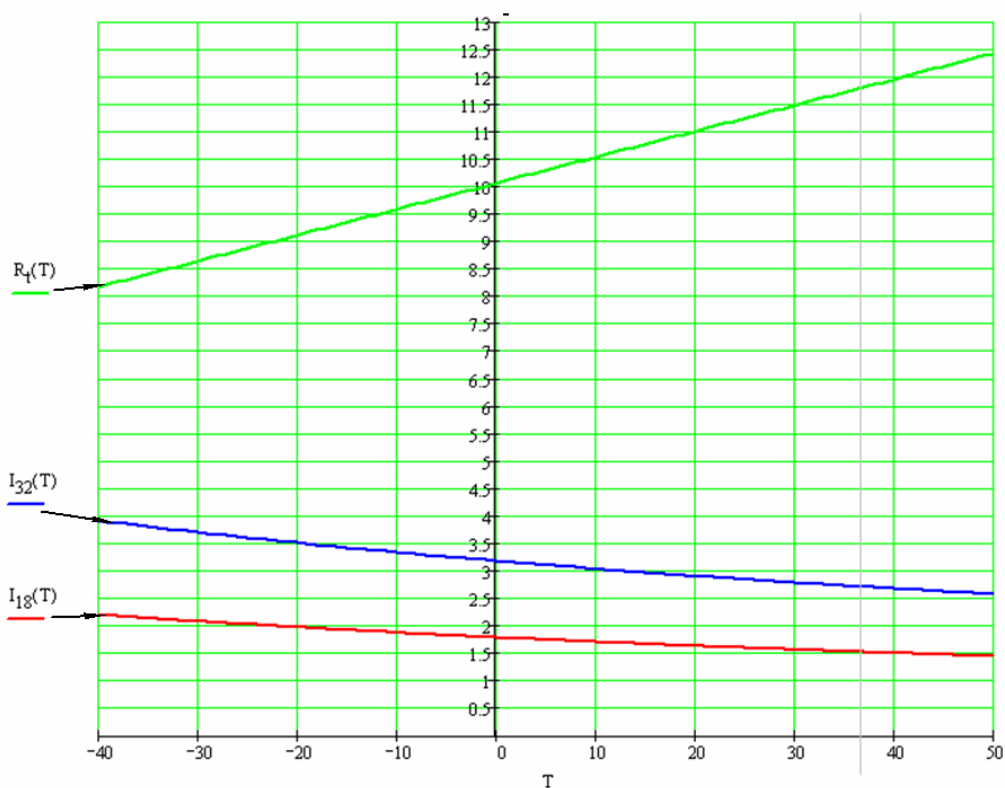


Рис. 5. Зависимости сопротивления и тока от температуры

На рис. 5 изображены зависимости сопротивления и тока от температуры согласно формулам (1) и (2) соответственно.

Из рис. 5 следует, что при питании электрической цепи обмотки напряжением $U = 32\text{В}$ ток достигает максимального значения 4А при $(-40)^\circ\text{C}$.

Выводы

В результате расчета МС поляризованного электропривода была получена МС в двухканальном исполнении обмоток, тяговая характеристика которой в рабочем диапазоне температур от одного канала, как минимум, на 12 гс·см выше (18 В, 50 °С) требований рис. 2.

Литература

1. Патент № 2252476 С2. Электродвигатель / С. В. Колесников, В. К. Копров, В. Г. Собянин, С. А. Телков, А. В. Бакулин // Бюл. 2005. № 14.
2. ПОТУ9 инв. № 27 / 12777/
3. Пятин Ю. М. Материалы в приборостроении и автоматике: Справочник. М. Машиностроение, 1982.
4. Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю. В. Корицкого. Л.: Энергоатомиздат, 1988. Т. 3.
5. Патент на полезную модель № 94388. Электродвигатель / С. В. Колесников, В. Г. Собянин, А. А. Клопов // Бюл. 2010. № 14.