

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВОЗДУШНОМ ЗАЗОРЕ
 ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА,
 РАБОТАЮЩЕГО ПОД НАГРУЗКОЙ

К. А. ХОРЬКОВ, В. Н. ДМИТРИЕВ, Е. Е. ДУТЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и аппаратов
 и общей электротехники)

С целью изучения переменной составляющей магнитного поля под полюсом при движении зубчатого якоря была создана экспериментальная установка на базе двигателя П-40. Результаты исследования при работе двигателя в режиме холостого хода изложены нами в [1]. В настоящей работе приводятся результаты исследований магнитного поля при работе двигателя постоянного тока под нагрузкой. Якоря маши-

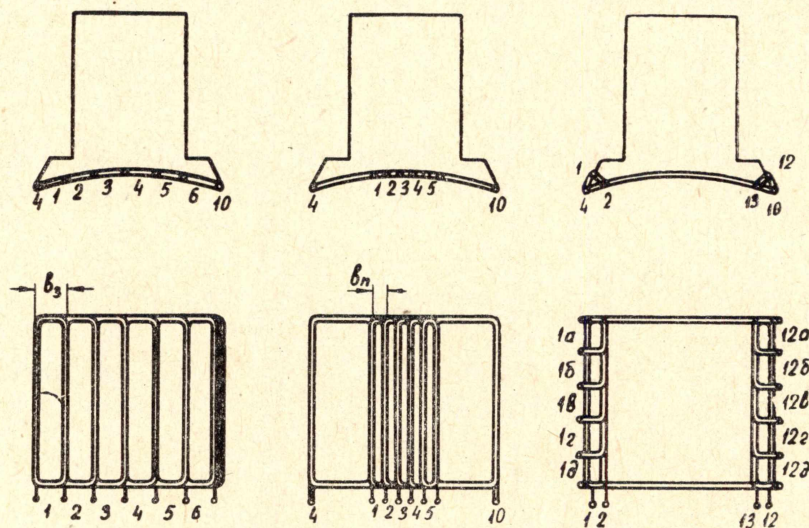


Рис. 1. Схема установки измерительных датчиков

ны имеют 27 и 31 паз со скосом на одно зубцовое деление. Скорость вращения двигателя при испытаниях поддерживалась постоянной и равной 1500 об/мин; ток возбуждения — равным 1 а. Ток якоря изменялся от тока холостого хода 2,3 а до номинального тока 20 а.

Измерительные датчики э. д. с. были установлены на полюсных наконечниках машины согласно рис. 1. Расположение датчиков вдоль ширины полюсного наконечника позволяет проследить изменение потока на поверхности полюса при движении зубчатого якоря. На полюсе 1 ширина рамок датчиков равна ширине зубца якоря, на полюсе 2 — ширине открытых пазов якоря. Расположение датчиков на кромках полюсов (полюс 3) позволяет проанализировать изменение потока по длине набегающего и сбегающего краев полюсного наконечника. Рамка 4—10

охватывает весь полюсный наконечник по его периметру и позволяет судить о радиальных пульсациях магнитного потока в целом под всем полюсом. Типичная кривая э. д. с. датчика, расположенного под полюсом, представлена на рис. 2, кривая 3. Кривая 3 получается как сумма кривых э. д. с. сторон измерительной рамки (кривые 1 и 2). Очевидно, что амплитуда э. д. с. датчика характеризует величину переменной составляющей магнитного поля под полюсом. Ширина измерительной катушки не должна быть равна ширине зубцового деления якоря, так как в этом случае результирующая э. д. с. датчика равна нулю. Ширина измерительной катушки должна лежать в пределах от b_n до b_s , причем с увеличением ширины рамки амплитуда э. д. с. датчика уменьшается из-за влияния скоса пазов якоря.

В испытуемой машине ширина полюсного наконечника составляет 4,7 зубцовых деления при якоре, имеющем 31 зубец, и 4,1 деления при якоре с 27 зубцами. Поэтому в кривых э. д. с. измерительных катушек содержится целый спектр высших гармонических, наибольшей из которых является зубцовая.

При исследованиях ток якоря увеличивался от тока холостого хода до номинального тока машины. В соответствии с этим, благодаря влиянию реакции якоря, происходит перераспределение основного потока машины под полюсом: поток набегающего края полюса увеличивается, а сбегающего уменьшается. Влияние перераспределения основного потока на величину зубцовых пульсаций под полюсом можно проследить по результатам измерений, представленных в табл. 1 и 2. В таблицах представлены э. д. с. каждого датчика в милливольтгах и средние значения э. д. с. для однотипных датчиков при вращении якоря в обоих направлениях в зависимости от тока якоря.

Как и следовало ожидать, амплитуда зубцовых пульсаций общего потока под полюсами изменяется практически пропорционально величине тока якоря. Представляет интерес картина изменения э. д. с. датчиков, уложенных на набегающем (датчики 12а—12д) и сбегающем (датчики 1а—1д) краях полюсного наконечника при вращении якоря в прямом направлении. При увеличении нагрузки до номинальной для датчиков набегающего края полюса (подмагниченного потоком реакции якоря) наблюдается равномерное увеличение их э. д. с. в три раза. В то же время э. д. с. датчиков сбегающего края полюса, размагничиваемого реакцией якоря, практически остаются неизменными.

При изменении направления вращения якоря набегающий и сбегающий края полюса меняются местами и э. д. с. датчиков 12а—12д становятся неизменными, а э. д. с. датчиков 1а—1д растут в той же пропорции, что и ранее для набегающего края полюса. Для обеих якорей картина изменения э. д. с. датчиков аналогична.

Увеличение амплитуды пульсаций магнитного поля под набегающим краем полюса должно соответственно увеличить силы магнитного

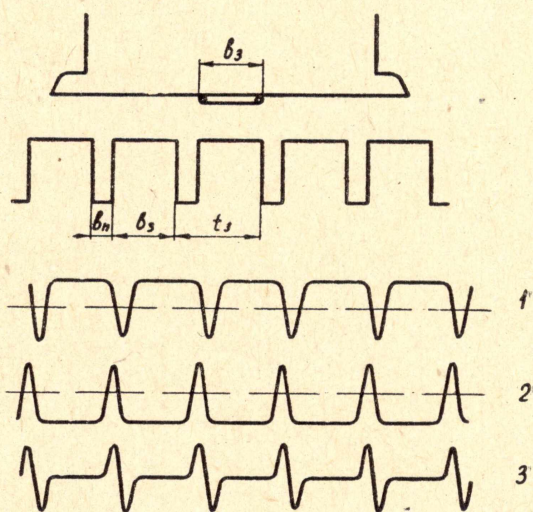


Рис. 2. Формирование кривой э. д. с. измерительного датчика

Таблица 1

Якорь имеет 27 зубцовых делений

№ полюса	№ датчика	Прямое вращение					Обратное		
		хх	5 а	10 а	15 а	20 а	хх	10 а	20 а
1	4—10	20	70	120	180	220	20	100	180
2	4—10	20	70	100	160	260	20	60	130
3	4—10	15	100	200	280	340	10	80	180
4	4—10	50	100	180	220	220	50	100	260
среднее		26	85	150	210	260	25	85	187
3	1 а	220	200	180	180	210	200	300	500
	1 б	240	200	180	180	210	200	320	500
	1 в	260	220	210	200	230	220	340	480
	1 г	260	260	220	220	280	230	360	520
	1 д	280	280	250	250	320	250	320	480
среднее		250	270	210	205	250	220	330	498
3	12 а	220	300	400	500	620	260	220	240
	12 б	220	280	360	480	600	240	200	240
	12 в	160	220	300	400	480	200	120	200
	12 г	180	260	320	460	560	200	140	200
	12 д	180	260	360	520	620	200	140	220
среднее		192	264	348	472	576	220	164	220
2	1	200	230	300	330	420	210	260	420
	2	180	200	230	320	380	180	260	420
	3	140	160	220	300	380	140	200	330
среднее		173	196	250	316	393	176	240	390
1	1	150	220	260	260	260	150	110	100
	2	50	110	180	320	360	60	90	110
	3	30	40	60	100	120	30	20	120
	4	30	40	60	100	120	20	80	210
	5	100	104	136	180	198	78	90	148
среднее		72	104	136	180	198	78	90	148

Таблица 2

Якорь имеет 31 зубцовое деление

№ полюса	№ датчика	Прямое вращение					Обратное вращение				
		хх	5 а	7,5 а	10 а	15 а	хх	5 а	10 а	15 а	20 а
1	4—10	0	50	100	150	230	0	20	60	110	180
2	4—10	0	0	20	40	120	0	10	50	100	160
3	4—10	40	60	120	150	230	40	60	120	210	300
4	4—10	60	40	80	110	200	60	80	160	220	280
среднее		25	37,5	80	112	195	25	42,5	97,5	160	230

№ полюса	№ датчика	Прямое вращение					Обратное вращение				
		xx	5 a	7,5 a	10 a	15 a	xx	5 a	7,5 a	10 a	15 a
3	1 а	240	220	200	180	210	210	260	360	460	560
	1 б	230	210	180	160	200	200	250	360	440	540
	1 в	230	240	210	200	220	200	290	380	440	560
	1 г	250	250	230	200	230	220	290	350	440	520
	1 д	260	260	230	220	260	210	290	340	400	520
среднее		242	236	210	192	224	208	278	354	436	540
3	12 а	200	280	400	400	600	180	180	200	220	280
	12 б	180	280	400	400	560	180	180	200	220	280
	12 в	180	260	360	360	520	160	120	120	160	200
	12 г	180	240	320	320	500	120	120	160	160	200
	12 д	160	240	320	320	500	120	140	160	180	220
среднее		180	260	360	360	536	152	148	168	188	236
2	1	260	320	360	340	500	240	290	350	400	500
	2	260	260	300	300	450	220	270	350	400	460
	3	200	230	280	310	450	150	190	250	320	400
среднее		240	270	313	317	467	203	250	283	373	434
1	1	90	120	140	160	180	60	80	90	90	80
	2	50	100	110	100	180	50	80	90	90	100
	3	70	80	60	30	80	60	70	50	50	50
	4	30	30	40	60	80	40	50	100	160	210
	5	40	120	100	110	100	120	120	120	180	200
среднее		70	90	90	92	124	66	80	90	114	128

тяжения. Неравенство магнитных сил на набегающем и сбегающем краях полюсов приведет к появлению нескомпенсированных радиальных и тангенциальных сил. Таким образом, увеличение нагрузки машины сопровождается увеличением неравенства сил, приложенных к набегающему и сбегающему краям наконечников, что сопровождается увеличением вибраций машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. А. Хорьков, В. Н. Дмитриев, Е. Е. Дутлов. Исследование магнитного поля в воздушном зазоре машины постоянного тока. Изв. ТПИ, т. 265, 1973.