

в данном случае не приемлемы вследствие сильной зависимости их рабочей частоты от величины и характера нагрузки. Рабочую частоту инвертора выбирают исходя из показателей светотехнической эффективности, величины потерь на преобразование, диапазона разрешенных частот для промышленных установок [3], а также с учетом исключения акустического резонанса в разрядной колбе. Стабилизация параметров РЛ должна осуществляться за счет введения обратной связи по току либо мощности лампы, изменения величины выходного напряжения инвертора, а также компенсации роста мощности. Применение напряжения питания повышенной частоты в схемах РЛВД с электронными ПРА позволяет осуществлять в широком диапазоне регулирование электрических и световых параметров РЛ в зависимости от требуемого уровня освещенности, что дает возможность получить значительную экономию электроэнергии, потребляемой осветительной установкой.

1. Волкова Е.Б., Рохлин Г.Н. Инженерный расчет натриевых ламп высокого давления // Светотехника. – 1979. – №2. – С. 1-3.

2. De Groot J.J., Van Vliet J.A. The high-pressure sodium lamp. Philips technical library, Kluwer Technische Boeken B.V. deventer, 1986.

3. Общесоюзные нормы допускаемых промышленных радиопомех. – М.: Связь, 1985. – С. 58; ГОСТ 21177. Радиопомехи промышленные. – 46 с.

*Получено 13.02.2002*

УДК 621.313

А.Ш.ФАРАН

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕНТИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ИСПОЛНЕНИЯ**

Оценивается работа вентильного двигателя с точки зрения пульсаций тока якоря, возбуждения, демпферной обмотки, электромагнитных моментов и скоростей вращения ротора. Анализируется работа синхронной машины в зависимости от типа преобразователя.

Существует мнение, что условия работы синхронной машины (СМ) мало зависят от типа преобразователя. Однако такое утверждение требует экспериментальной или расчетной проверки. Основная особенность работы СМ в системах вентильного двигателя (ВД) связана с наличием пульсаций электромагнитных и механических переменных, влияющих на энергетические (добавочные потери) и вибрационные показатели электропривода. Для оценки работы ВД по этим показателям сравнение проводят с точки зрения пульсаций токов якоря

( $i_a$ ), возбуждения ( $i_f$ ), демпферной обмотки ( $i_{\text{эд}}, i_{\text{эq}}$ ), электромагнитных моментов ( $m_{\text{эм}}$ ) и скоростей вращения ротора (####). При расчетах параметры СМ принимали в соответствии с базовым вариантом ВДЗ-1 (см. таблицу), а дроссельных систем – согласно соотношениям [1].

В связи с тем, что величина пульсаций большинства величин зависит от заданного режима работы машины, средние значения для сравниваемых режимов ####=1,08;  $M_T=0,9$ ;  $i_f=1,8$ ;  $\beta_o=55$  эл. град устанавливали одинаковыми.

На работу преобразователя ВД существенно влияют параметры электрической сети, питающей ВД. В нашу задачу не входили вопросы, связанные с процессами в элементах источника питания, поэтому в математической модели он задан синусоидальными ЭДС  $e_{ab} = E_m \cdot \sin \omega_c \tau$ ,  $e_{bc} = E_m \cdot \sin(\omega_c \tau - 2\pi/3)$  и параметрами  $r_c$ ,  $L_c$ , величины которых одного порядка с сопротивлениями рассеяния фазных обмоток СМ.

Сравнение работы ВД в статике приведено на примере двух режимов, при этом в каждом случае оценивали работу трех типов ВД: 1) ВД постоянного тока, 2) ВД переменного тока с ЯЗПТ, 3) ВД переменного тока с НПЧ.

Результаты расчета сведены в таблицу, где представлены амплитуды гармонических составляющих токов обмотки возбуждения ( $i_{f6,12}$ ), демпферных контуров ( $i_{\text{эд}6,12}$ ,  $i_{\text{эq}6,12}$ ) и якоря ( $i_a$ ). Это дает возможность судить о добавочных потерях в ВД, а также об амплитудах гармонических составляющих электромагнитного момента ( $m_{\text{эм}6,12}$ ) и скорости вращения ( $\omega_6$ ). Числовой индекс у переменных указывает на порядковый номер гармоники, причем частота первой гармоники соответствует частоте вращения ротора.

В связи с тем, что в системе ВД использованы трехфазные мостовые преобразователи, объектом сравнения были шестые и двенадцатые как превалирующие гармонические составляющие токов обмотки возбуждения и демпферных контуров, электромагнитного момента и угловой скорости. Соединение якорной обмотки в звезду определяет рассмотрение пятой и седьмой гармоник токов якоря, преобладающих в кривых токов.

В рассматриваемых режимах принята частота сети  $\omega_c=8,64$ , поэтому при угловой частоте вращения ротора ####=1,08 можно ожидать

появления в цепях индуктора восьмых гармонических составляющих. Однако по результатам расчета их значения не существенны для оценки работы СМ.

Так, для тока возбуждения  $i_{f8}$  (режим I, см. табл.) составляет всего 0,8% от  $i_{f6}$ , а восьмая составляющая электромагнитного момента  $m_{эм8}$  равна 0,66%  $m_{эм6}$ .

В первом варианте рассчитан статический режим работы ВД с параметрами сети и дросселя преобразователя:  $x_c=0,05$ ;  $r_c=0,005$ ;  $L_{др}=0,207$ ;  $r_{др}=0,010$ , с сопротивлениями рассеяния  $x_{од}=x_{оq}=0,07$ .

Гармонические составляющие токов, электромагнитного момента и скорости вращения

№ режима	$x_c$	$i_{f6,12}$	$i_{эд6,12}$	$i_{эq6,12}$	$i_{а5,7}$	$m_{эм6,12}$	$\omega_6$	Тип ВД
1	0,05	0,050 0,011	0,193 0,048	0,148 0,041	0,223 0,099	0,148 0,035	0,0019	ЯЗПТ
2	0,05	0,051 0,011	0,196 0,048	0,152 0,041	0,225 0,106	0,145 0,034	0,0019	НПЧ
3	-	0,052 0,010	0,204 0,045	0,149 0,035	0,231 0,099	0,147 0,027	0,0022	МПТ
4	0,15	0,049 0,013	0,169 0,054	0,172 0,058	0,215 0,188	0,199 0,066	0,0031	ЯЗПТ
5	0,15	0,044 0,012	0,165 0,052	0,175 0,060	0,210 0,121	0,176 0,057	0,0027	НПЧ
6	-	0,045 0,012	0,175 0,052	0,176 0,055	0,219 0,108	0,190 0,056	0,0028	МПТ

Расчет двух типов ВД переменного тока при удалении от границы устойчивости и относительно малых углах коммутации подтверждает полную аналогию этих ВД в статическом режиме. Отличие гармонических составляющих токов и электромагнитного момента не превышает 3%. Это утверждение позволяют сделать и графические зависимости угла коммутации ( $\gamma_K$ ), тока в начале коммутации ( $i_K$ ), времени коммутации (#####) и скорости в начале коммутации ( $\omega_K$ ) от номера коммутации ( $N_K$ ).

Характер изменения  $\gamma_K$  для ВД с НПЧ определяется особенностью работы непосредственно преобразователя частоты, что было рассмотрено выше.

Сравнение работы ВД переменного и постоянного тока в данном режиме показало практическое совпадение рассматриваемых переменных. Отличие гармонических составляющих токов, момента и частоты

не превышает 3%. Данный спектр гармонических составляющих определяется принципом работы ВД и не зависит от системы питания СМ.

Остановимся подробнее на влиянии источника питания и типа преобразователя на гармонический состав переменной составляющей электромагнитного момента на примере показателей статического режима работы системы ВД6 с НПЧ как наиболее общего случая. Одной из особенностей работы СМ в системе ВД с НПЧ, как известно, является наличие широкого спектра гармоник в электромагнитных переменных. Рассмотрим состав этого спектра в переменной составляющей момента СМ. Во-первых, в  $m_{эм}$  появляются гармоники, связанные с пульсациями напряжения источника питания. При этом частота их изменения в токах фаз СМ  $f_c = f \cdot 6k \cdot \omega_c / \omega$ , где  $k = 1, 2, 3, \dots$ , а в  $m_{эм}$  появляются высшие (основная  $m_{эм12}$ ) гармоники, т.е. обычно системы ВД с НПЧ проектируют с учетом условия  $\omega_c / \omega > 3$ . Влияние сети переменного тока на  $m_{эм}$  имеет место в режимах  $\omega_c / \omega = 11/6$  или  $\omega_c / \omega = 13/6$ . Во-вторых, в ВД с НПЧ соотношение частот  $\omega_c / \omega$  существенно влияет на время коммутации фазных токов СМ. При этом идентичность коммутационных процессов для одной из трехфазных групп имеет место, когда за время их повторяемости  $\tau_{ц}$  ( $\omega \tau_{ц} = 2\pi/6$ ) укладывается целое нечетное число полупериодов напряжения источника питания, т.е. ( $\omega \tau_{ц} = 2k\pi + \pi$ ).

1. Волчуков Н.П., Фаран А.Ш. Математическая модель для расчета режимов работы вентиляльных двигателей средней мощности // Технічна електродинаміка. Ч.2. – К., 2001. – С.32-37.

2. Зиннер Л.Я., Скороспешкин А.И. Вентильные двигатели постоянного и переменного тока. – М.: Энергоиздат, 1981. – 136 с.

Получено 11.02.2002

УДК 621.316.722

В.А. ПЕРЕПЕЧЕНЬ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

### ВЛИЯНИЕ УЧЕТА ДИНАМИКИ РОСТА НАГРУЗКИ НА ПАРАМЕТРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ГОРОДОВ

Исследуется влияние роста нагрузки по годам расчетного периода на параметры городских распределительных сетей. Обоснована необходимость учета коэффициента роста нагрузки при проектировании сетей.

При выборе параметров городских распределительных электрических сетей исходят из предположения о неизменности нагрузок по