

УДК 62. 83

Л. Г. Лимонов, канд. техн. наук

ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Аннотация. Приведены расчетные характеристики показателя, который определяется отношением номинального вращающего момента электродвигателя к его моменту инерции и характеризует динамичность электродвигателей постоянного тока, используемых в регулируемых электроприводах. Рассматриваемый показатель – это динамический коэффициент качества, он существенно влияет на быстрдействие электропривода, где используется двигатель постоянного тока.

Ключевые слова: динамический коэффициент качества, электродвигатель постоянного тока, динамичность, электропривод, момент инерции, номинальный вращающий момент

L. G. Limonov, PhD.

DINAMIC VALUES OF DC MOTORS

Abstract. This paper lists calculated characteristics of the value that is defined by the ratio of rotation moment of electric motor to its moment of inertia and determines the acceleration capacity of DC motors. This value is a dynamic quality factor; it significantly influences the speed of electric motor that uses motor drive.

Keywords: dynamic quality factor, DC motor, motor, electric drive, dynamic quality, moment of inertia, rated rotation torque

Л. Г. Лимонов, канд. техн. наук

ПОКАЗНИКИ ДИНАМІЧНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Анотація. Наведено розрахункові характеристики показника, який є відношенням номінального обертаючого моменту електродвигуна до моменту інерції і визначає динамічність електродвигунів постійного струму, що застосовуються в регульованих електроприводах. Цей показник є динамічний коефіцієнт якості, він суттєво впливає на швидкодію електропривода, в якому використовується двигун постійного струму.

Ключові слова: електродвигун, динамічність, електропривод постійного струму, момент інерції, номінальний момент двигуна, динамічний коефіцієнт якості

Введение. Определение основных параметров и выбор приводного электродвигателя постоянного тока – важный этап работы при конструировании или модернизации регулируемого электропривода постоянного тока промышленного механизма.

Известно, что основные номинальные параметры, чаще всего определяющие выбор приводного электродвигателя постоянного тока для конкретного промышленного механизма – это мощность P и скорость вращения n . Определению этих параметров электродвигателя посвящено много работ [1 – 6], в которых, как правило, показатели динамичности электродвигателя не затрагиваются. В то же время, при конструировании значительного количества регулируемых электроприводов постоянного тока представляют интерес параметры, характеризующие динамичность электродвигателя, которая, в свою очередь, влияет на динамические показатели электропривода. Разумеется, показателем

динамичности электродвигателя является момент инерции якоря, но этот параметр не определяет однозначно динамичность электродвигателя и, тем более, электропривода постоянного тока.

Обобщенным интегральным показателем, характеризующим любой электродвигатель, в том числе и электродвигатель постоянного тока, очевидно, следует считать величину вращающего момента. Этот параметр определяет, как правило, однозначно и массо-габаритные характеристики выбранного электродвигателя постоянного тока и его пригодность для использования в качестве приводного для регулируемого электропривода данного механизма или машины.

Если же электродвигатель предназначен для привода механизма, от которого требуется обеспечение определенных динамических показателей (чаще всего это проявляется при конструировании регулируемых электроприводов, в частности, тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока), то абсолютные значе-

© Лимонов Л.Г., 2013

ния вышеперечисленных номинальных параметров могут оказаться недостаточными для оценки применимости электродвигателя для конкретного привода. Показателем динамических свойств электродвигателя может служить динамический коэффициент качества, предложенный в [7],

$$a = \frac{M}{J},$$

где M – номинальное значение вращающего момента; J – момент инерции якоря.

Материалы исследования. Динамический коэффициент имеет размерность ускорения ($1/c^2$), а физически представляет собой ускорение электродвигателя в режиме идеального холостого хода при действии номинального вращающего момента на валу. Ниже приведены результаты расчета динамических коэффициентов качества, выполненные для электродвигателей постоянного тока разных серий и производителей [8 – 10]. Эти данные позволяют сравнить и оценить динамические характеристики рассматриваемых электродвигателей и использовать их при выборе электродвигателей постоянного тока для привода конкретных промышленных механизмов.

Например, расчетные значения коэффициента a у разработанных и поставленных заводом «Электросила» для главных приводов станов холодной прокатки электродвигателей МП большой мощности в одно-и многоякорном исполнении невысоки, $a = (4,3...26,4) 1/c^2$. Исключения составляют электродвигатели 2МП3200-160, 2х920 кВт, 100 об/мин ($a = 2,2 1/c^2$) и 4МП2500-400, 4 х 630 кВт, 400 об/мин ($a = 107 1/c^2$).

Лучшей динамичностью обладают электродвигатели постоянного тока средней мощности серии 4П. Так, при мощности от 110 до 800 кВт (габариты 355 и 450) динамический коэффициент этих электродвигателей $a = (187...323) 1/c^2$.

С уменьшением мощности динамичность электродвигателей этой серии увеличивается. Так, для электродвигателей серий 4ПФМ, 4ППМ, 4ПН (габариты 250 и 280) мощностью от 24 до 200 кВт динамический

коэффициент $a = (303...513) 1/c^2$, причем в пределах одного отрезка серии, например, 4ПФМ280S, 4ПФМ280М, 4ПФМ280L, этот коэффициент при изменении мощности изменяется незначительно.

Невысокая динамичность характеризует электродвигатели постоянного тока краново-металлургической серии Д тихоходного и быстроходного исполнений. Динамический коэффициент этих электродвигателей при изменении мощности от 2,5 до 185 кВт составляет $36,5 - 105 \cdot 1/c^2$.

Несколько иначе обстоит вопрос динамичности для электродвигателей постоянного тока ведущих европейских производителей [9 – 13]. В каталогах этих фирм электродвигатели сгруппированы не по номинальной мощности или скорости, а по величине вращающего момента. Расчеты показали, что в пределах заданных значений вращающего момента и осевого габарита электродвигателя при изменении мощности динамический коэффициент изменяется незначительно, закономерность при этом отсутствует, но с увеличением вращающего момента величина его снижается.

Для характеристики динамичности электродвигателей постоянного тока фирмы Siemens выбран отрезок серии 1GG с габаритными размерами по высоте оси вращения от 160 до 630 мм. Результаты расчета динамического коэффициента a этих электродвигателей выборочно приведены в табл. 1.

Динамические свойства электродвигателей постоянного тока фирмы АВВ могут быть показаны на примере электродвигателей серии DMI с габаритными размерами высоты оси вращения от 180 до 400 мм. Результаты расчета динамического коэффициента a этих электродвигателей также выборочно приведены в табл. 2.

Отметим, что в табл. 2 приведены результаты расчета динамического коэффициента a для некомпенсированных электродвигателей серии DMI. При наличии компенсационной обмотки величины динамических коэффициентов a электродви-

гателей при одинаковом значении номинального крутящего почти не изменяются.

По результатам этих данных нужно отметить, что динамичность электродвигателей фирмы АВВ выше, чем фирмы Siemens.

Приведенные расчетные значения динамических коэффициентов электродвигателей постоянного тока позволяют произ-

вести сравнение и оценку динамических характеристик этих электродвигателей при выборе их для создания быстродействующих регулируемых электроприводов постоянного тока промышленных механизмов.

1. Показатели динамичности электродвигателей фирмы Siemens

Габарит, мм	Габаритная длина	Мощность, кВт	Скорость, об/мин	Коэффициент $a, 1/c^2$	
				Диапазон	Средний
160	2	31,5 – 93,5	995 – 3440	944 – 812	899
	4	30 – 99,5	725 – 2570	1071 – 973	1023
	6	37,3 – 98,5	730 – 1990	1100–1028	1056
	8	44,2 – 144	645 – 2300	950 – 857	912
	8	64,5 – 183	650 – 2020	738 – 665	722
	8	94,5 – 270	585 – 1840	620 – 563	597
	8	121 – 352	540 – 1560	548 – 500	516
	8	170 – 430	482 – 1280	448 – 421	434
350	1	244 – 565	580 – 1600	236 – 198	226
	2	242 – 605	492 – 1360	235 – 212	230
	3	240 – 630	416 – 1160	250 – 235	247
	4	238 – 625	344 – 965	265 – 246	260
	5	236 – 625	275 – 775	285 – 265	280
630	1	358 – 890	186 – 464	111 – 105	108
	2	356 – 920	146 – 365	127 – 117	121
	3	356 – 940	121 – 304	134 – 124	129
	4	350 – 935	102 – 260	143 – 131	135
	5	344 – 930	81 – 210	154 – 140	145

2. Показатели динамичности электродвигателей фирмы АВВ

Габарит, мм	Габаритная длина	Мощность, кВт	Скорость, об/мин	Коэффициент a , 1/с ²	
				Диапазон	Средний
180	B	29 – 103	819 – 3696	728 – 532	649
	E	28 – 113	617 – 2859	785 – 632	723
	H	27 – 143	461 – 2974	865 – 631	793
	M	36 – 153	461 – 2293	933 – 795	891
	P	35 – 154	376 – 1930	988 – 847	926
	S	43 – 159	415 – 1611	918 – 855	885
	U	42 – 159	340 – 1348	986 – 927	954
250	L	110 – 353	565 – 2193	492 – 404	454
	P	108 – 371	430 – 1697	545 – 474	510
	T	105 – 378	322 – 1302	597 – 533	562
	V	102 – 371	263 – 1087	627 – 552	588
	Y	99 – 367	208 – 880	678 – 590	625
400	H	221 – 990	331 – 1528	215 – 199	210
	L	217 – 1017	276 – 1287	225 – 215	220
	N	214 – 1015	231 – 1085	239 – 229	233
	R	209 – 998	184 – 912	257 – 243	252
	T	204 – 979	158 – 769	267 – 248	259
	V	197 – 955	131 – 646	276 – 252	267
	Y	189 – 927	107 – 544	291 – 258	279
	Z	180 – 894	88 – 457	296 – 256	281

Выводы. Проведенные расчеты показывают, что динамические свойства электродвигателей постоянного тока снижаются с увеличением вращающего момента, но мало зависят от мощности и скорости электродвигателя. Это является еще одним аргументом в пользу конструирования мощных быстродействующих электроприводов на базе многодвигательных систем. Улучшение динамичности электропривода в этом случае обеспечивается не только за счет снижения суммарного момента инерции электропривода, но и за счет повышения динамического коэффициента электродвигателя.

Список использованной литературы

1. Бурьянов В. Ф. Расчет мощности двигателей главных приводов прокатных станов [Текст] / В. Ф. Бурьянов, Е. С. Рокотян, А. Е. Гуревич. – М. : Metallurgizdat, 1962. – 360 с.
2. Зеленев А. Б. Электропривод механизмов прокатных станов [Текст] / А. Б. Зеленев, В. Н. Тертичников, В. Г. Гулякин. – Харьков : Metallurgizdat, 1963. – 344 с.
3. Переходченко В. А. Расчет мощности электродвигателей широкополосных станогорячей прокатки [Текст] / В. А. Переходченко – Харьков : Форт, 2009. – 384 с.
4. Елисеев В. А. Справочник по автоматизированному электроприводу [Текст] : под ред. Елисеева В. А., Шинянского А. В. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
5. Крупович В. И. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами [Текст] : под ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Самовера – М. : Энергоатомиздат, 1982. – 416 с.
6. Акимов Л. В. Автоматизированный электропривод: элементы, теория, системы управления [Текст] / Л. В. Акимов, П. А. Качанов, А. Н. Черенов: підручник. – Харьков : НТУ ХП, 2011. – 532 с.
7. Гейлер Л. Б. Основы электропривода [Текст] / Л. Б. Гейлер. – Минск : Высшейшая школа, 1972. – 608 с.
8. Двигатели постоянного тока металлургические и крановые серии Д мощностью 2,5 – 185 кВт. [Текст] // ИНФОРМЭЛЕКТРО 01.19.01-78.
9. SIEMENS DC motors. Sizes 160 to 630. 31,5 kW to 1610 kW [Text] // Catalog DA12. –2008.

10. ABB // Catalogue DMI 180 – 400 [Text]. – 2008.

11. Lu J. Dynamic Characteristics of a Linear Permanent Magnet Brushless DC Launcher by Finite-element Analysis [Text] / [J. Lu, W. Ma, Z. Sun and others] // 19-th International Conference on Electrical Machines, ICEM 2010, art. no. 5608270. – 2010.

DOI : 10.1109/ICELMACH.2010.5608270.

URL : <http://sci-hub.org/pdfcache/6b93b7b0a6002e613309b77e2f32259d.pdf>.

12. Knypiński Ł. Field-circuit Simulation of the Dynamics of the Outer Rotor Permanent Magnet Brushless DC Motor [Text] / Ł. Knypiński, L. Nowak // COMPEL – The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering. – 2011. – 30(3). – P. 929 – 940.

DOI: 10.1108/03321641111110898.

13. Wu J. Compensation Control of DC Motors by Loss-free Resistors [Text] / J. Wu, X. Xu, H. Yin // Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC'06, art. no. 1673284. – 2006. – P. 989 – 992.

Получено 20.05.2013

References

1. Buriyanov V. F. Raschet Moschnosti Dvigatelye Gkavnih Privodov Prokatnih Stanov [Text] / V. F. Buriyanov, E. C. Rokotyan, A. E. Gurevich. – Moscow : Metallurgizdat, 1962. – 360 p. [in Russian].

2. Zelenov A. B. Elektroprivod Mehanizmov Prokfnyi Stanov [Text] / A. B. Zelenov, V. N. Tertichnikov, B. G. Gulyakin. – Kharkov : Metallurgizdat, 1963. – 344 p. [in Russian].

3. Perehodchenko V. A. Raschet Moshchnosti Elektrodvigatelye Shirokopolosnih Stanov Goryachey Prokatki [Text] / V. A. Perehodchenko – Kharkov : Fort, 2009. – 384 p. [in Russian].

4. Eliseev V. A. Spravochnik po Avtomatizirovannomu Elektroprivodu [Text] : pod. red. V. A. Eliseeva, A. V. Shinyanskogo. – Moscow : Energoatomisdat, 1983. – 616 p. [in Russian].

5. Krupovich V. I. Spravochnik po Proektirovaniyu Avtomatizirovannogo Elektroprivoda I Sistemupravleniya Tehnologicheskimi Processami

[Text] : pod. red. V. I. Krupovicha, Y. G. Baribina, M. L. Samovera. – Moscow : Energoatomisdat, 1982. – 416 p. [in Russian].

6. Akimov L. V. Avnomatizirovaniy Elektroprivod: Elementi, Teori, Sistemupravleniya [Text] / L. V. Akimov, П. А. Kachanov, А. Н. Cherenov : pidruchnik. – Kharkov : NTU KPI. – 2011. – 532 p. [in Russian].

7. Geiler L. B. Basics of Electric Drives [Text] / L. B. Geiler. – Minsk : Visheisha shkola, 1972. – 608 p. [in Russian].

8. Dvigateli Postoyannogo Toka Metallurgicheskkiye i Kranoviye Serii D Moshchnostiyu 2,5 – 185 kW [Text] // WINFORMELEKTROO 01.19.01-78 [in Russian].

9. SIEMENS DC Motors. Sizes 160 to 630. 31,5 kW to 1610 kW [Text] // Catalog DA12-2008 [in Russian].

10. ABB. [Text] // Catalogue DMI 180 – 400.2008 [in Russian].

11. Lu J. Dynamic Characteristics of a Linear Permanent Magnet Brushless DC Launcher by Finite-element Analysis [Text] / [J. Lu, W. Ma, Z. Sun and others] // 19-th International Conference on Electrical Machines, ICEM 2010, art. no. 5608270. – 2010 [in English].

DOI : 10.1109/ICELMACH.2010.5608270.

URL : <http://sci-hub.org/pdfcache/6b93b7b0a6002e613309b77e2f32259d.pdf>.

12. Knypiński Ł. Field-circuit Simulation of the Dynamics of the Outer Rotor Permanent Magnet Brushless DC Motor [Text] / Ł. Knypiński, L. Nowak // COMPEL – The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering. – 2011. – 30(3). – P. 929 – 940 [in English].

DOI: 10.1108/03321641111110898.

13. Wu J. Compensation Control of DC Motors by Loss-free Resistors [Text] / J. Wu, X. Xu, H. Yin // Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC'06, art. no. 1673284. – 2006. – P. 989 – 992 [in English].



Лимонов
Леонид Григорьевич,
канд. техн. наук,
ЧАО «Тяжпромавтоматика»,
главный специалист отдела,
тел.: (057)758 64 88.E-mail:
mail@ tpa5.com.ua