

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ КАТАЛОЖНЫХ ДАННЫХ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ПАРАМЕТРЫ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ

Заболотный И.П., к.т.н., доц.

Донецкий национальный технический университет

Украина, 83000, Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, кафедра "Электрические системы"

тел. (0622)91-03-07, E-mail: ivp@elf.donetsk.dgtu.ua

В статье анализируется влияние отклонений кратностей пускового тока, пускового и максимального моментов на частотные характеристики асинхронного двигателя ветровой электростанции и на параметры включения в сеть. Результаты моделирования режима пуска по уравнениям Парка-Горева с использованием двухконтурных схем замещения сопоставляются с экспериментальными данными.

У статті виконано аналіз впливу відхилень кратностей пускового струму, пускового та максимального моментів на частотні характеристики асинхронного двигуна вітрової електростанції і на параметри включення в мережу. Наслідки моделювання режиму пуску за допомогою рівнянь Парка-Горева при використанні схем заміщення з двома ланцюгами зіставляються з даними іспитів.

ВВЕДЕНИЕ

Математические модели машин переменного тока используются при решении ряда технологических задач, в том числе и для построения систем управления и диагностики. При создании математических моделей электрических машин их параметры определяются по каталожным данным, либо по данным экспериментов, либо на основании комбинации данных. Исходная для расчета информация определяется с погрешностью, что влияет на параметры модели машины переменного тока и, как следствие, на параметры режимов. Следует отметить, что автоматизация регистрации экспериментальной информации и ее достоверность при использовании современных цифровых аппаратов обеспечивает повышение точности определения электромагнитных параметров, что, в свою очередь, создает условия для дальнейшего развития косвенных методов диагностики машин переменного тока, повышения достоверности математических моделей за счет уточнения описания физических явлений в машине переменного тока. Широкое распространение при исследовании нестационарных режимов в системах электроснабжения получило описание переходных процессов в машинах переменного тока на основе уравнений Парка-Горева при использовании многоконтурных схем замещения. Так, для определения схем замещения асинхронных двигателей разработана методика [1], использующая в качестве исходной информации следующие параметры: $P_{НОМ}$, $U_{НОМ}$, $I_{НОМ}$, $\cos\phi_{НОМ}$, $n_{НОМ}$, η , $M_{МАКС*(НОМ)}$, $M_{П*(НОМ)}$, $I_{П*(НОМ)}$.

На рис. 1 сопоставлены экспериментальные данные (сплошные линии) и результаты моделирования включения асинхронного генератора типа АГВ-280L4-ДМ2 на основе каталожных данных ($U_{НОМ} = 380$ В, $P_{НОМ} = 110$ кВт, $I_{НОМ} = 206,7$ А, $\cos\phi_{НОМ} = 0,86$; $\eta = 0,94$; $M_{МАКС*(НОМ)} = 2,7$; $M_{П*(НОМ)} = 1,12$; $I_{П*(НОМ)} = 5,5$). Регистрация включения в сеть была проведена на Новоазовской ветровой электростанции.

Погрешность в определении экстремальных зна-

чений токов в фазах (рис. 1, а), максимальных значений изображающего вектора тока (рис. 1, б) составляет около 30 %.

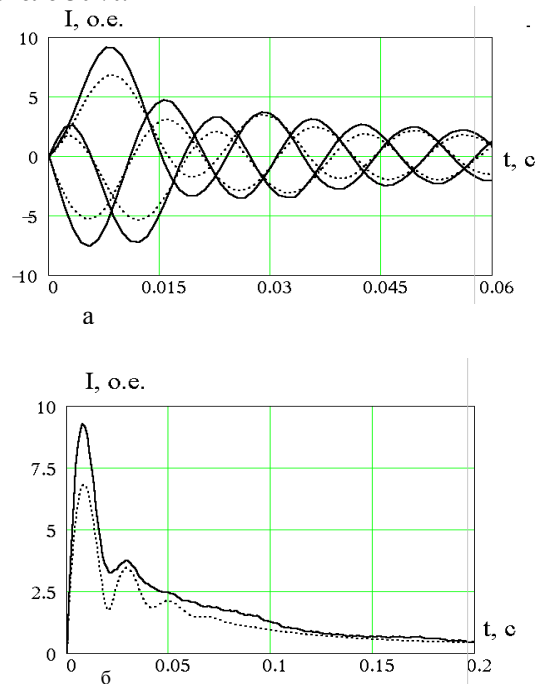


Рис. 1

Указанная величина погрешности обусловлена как погрешностями каталожных данных, так и тем, что при расчетах не учитывается насыщение путей магнитных потоков асинхронного двигателя при его включении в сеть.

Использование цифрового регистратора для записи токов и напряжений при пуске асинхронного генератора и последующей обработке информации по [2] позволило определить параметры схемы замещения, соответствующие уровню насыщения двигателя при включении его в сеть. На рис. 2 сопоставлены экспериментальные данные и результаты моделирования по параметрам схемы замещения, определенной по методике [2].

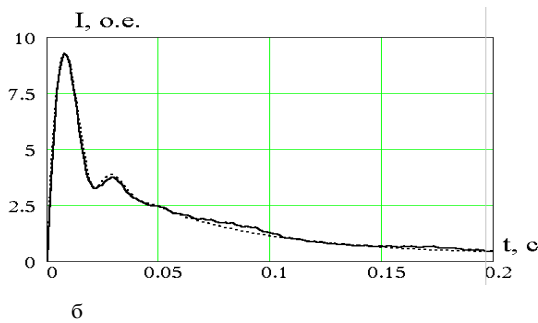
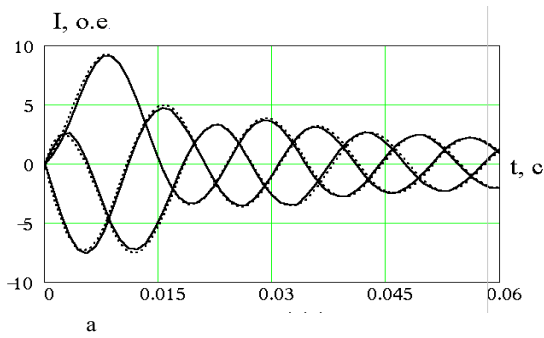


Рис. 2

Как следует из рис. 2, результаты расчета и эксперимента практически совпадают.

Таким образом, возникает вопрос; к какой степени погрешности исходной информации влияют на результаты моделирования. В этой статье, исследования ограничены асинхронными машинами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.

Анализ влияния отклонений выполнялся на основе использования полученных функций чувствительности [3-4]:

$$S_{X_i}^{y_i} = \frac{\Delta y_i / y_i}{\Delta X / X_i} \quad (1)$$

Уравнение (1) может быть представлено в следующем виде:

$$S_{X_i}^{y_i} = \frac{X_i}{y_i} \left[\frac{\partial y_i}{\partial X_i} \right]_{X_i=X_{0i}} \quad (2)$$

где X_{0i} – принятая номинальная величина параметра.

Выходные величины, например электромагнитный момент, скорость вращения, ток и др. могут быть представлены в виде функций

$$y_i = f_i(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_k) \quad (3)$$

где X_i - параметрами машины.

Соотношение (2) нельзя использовать в окрестности $y_i = 0$. Таким образом, так называемая не стандартизованная функция чувствительности представляется в виде соотношения (4), которое является аналогией компонента полного дифференциала:

$$N * S_{X_i}^{y_i} = X_i \left[\frac{\partial X_i}{\partial y_i} \right]_{X_i=X_{0i}} \quad (4)$$

Для перехода используется выражение (5):

$$y_i = f_i(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_k, \dots, t) \quad (5)$$

Решения находятся при интегрировании системы дифференциальных уравнений Парка-Горева [5]. На основе решений для двух асинхронных машин, первую из которых назовем эталонной, и вторую, для которой параметры схемы замещения соответствуют измененным каталожным данным, определяется

$$(\Delta y_i)_{X_i} = y_{i\Delta} - y_{i\Delta X_i} \quad (6)$$

Таким образом, последовательность определения функций чувствительности следующая:

1. По каталожным данным и при поочередном изменении одной из входных величин на $\pm 10\%$ от номинальных значений по [1] определяются параметры двухконтурных схем замещения (табл. 1).

2. По параметрам двухконтурных схем замещения выполнялся расчет частотных характеристик асинхронного генератора ветровой электрической станции, определялись функции чувствительности составляющих частотных характеристик к изменению каталожных данных.

3. По уравнениям Парка-Горева при использовании параметров схемы замещения (табл. 1) выполнялся семь раз расчет процесса включения генератора в сеть. Для исключения влияния кабельных линий и трансформатора моделировалось непосредственная работа асинхронного генератора на сеть бесконечной мощности. По результатам расчета определялись коэффициенты чувствительности изображающего тока, скорости вращения ротора, электромагнитного момента к отклонениям каталожных данных

На рис. 3-5 в качестве примера приведены функции чувствительности вещественной и мнимой составляющих частотной характеристики асинхронного двигателя (рис. 3, а – $1,1I_{П*}(\text{НОМ})$; рис. 3,б – $0,9I_{П*}(\text{НОМ})$; рис.4,а – $1,1M_{\text{МАКС}*}(\text{НОМ})$; рис.4, б – $0,9M_{\text{МАКС}*}(\text{НОМ})$; рис. 5, а – $1,1M_{П*}(\text{НОМ})$; рис. 5, б – $0,9M_{П*}(\text{НОМ})$)

Таблица 1

Параметры двухконтурных схем замещения асинхронного двигателя

Параметр схемы	Входная информация для параметрической идентификации							
	Каталожные данные	$1,1I_{П*}(\text{НОМ})$	$0,9I_{П*}(\text{НОМ})$	$1,1M_{\text{МАКС}*}(\text{НОМ})$	$0,9M_{\text{МАКС}*}(\text{НОМ})$	$1,1M_{П*}(\text{НОМ})$	$0,9M_{П*}(\text{НОМ})$	
R_1	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	
X_1	0,091	0,083	0,101	0,091	0,091	0,091	0,091	
X_u	2,806	2,815	2,796	2,678	2,985	2,806	2,806	
R_{r1}	0,015	0,015	0,014	0,015	0,014	0,015	0,015	
X_{r1}	0,125	0,134	0,114	0,107	0,147	0,125	0,125	
R_{r2}	0,226	0,124	0,392	0,37	0,149	0,23	0,218	
X_{r2}	0,174	0,164	0,024	0,123	0,164	0,143	0,206	
Вариант	0	1	2	3	4	5	6	

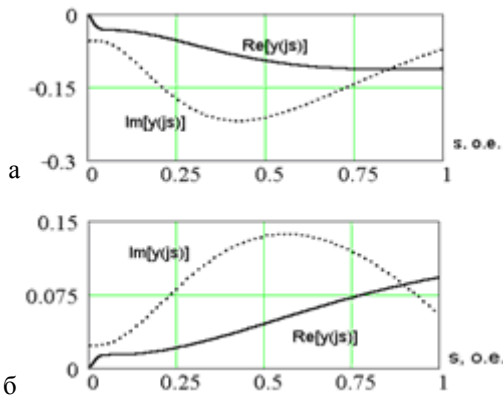


Рис. 3

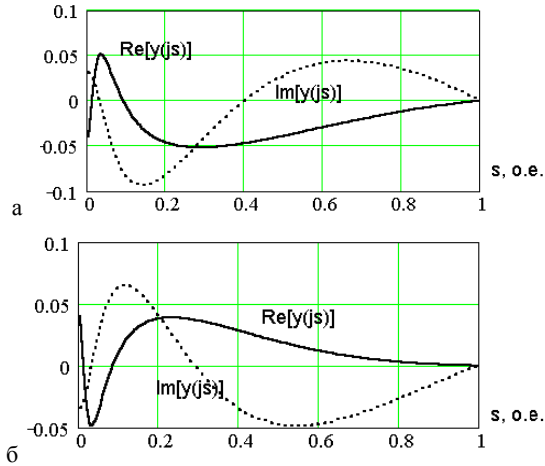


Рис. 4

Анализ рис. 3-5 позволяет сделать вывод, что наибольшие по абсолютной величине значения функций чувствительности (0,11 о.е. для вещественной составляющей и 0,21 – для мнимой) характерны для варианта увеличения кратности пускового тока.

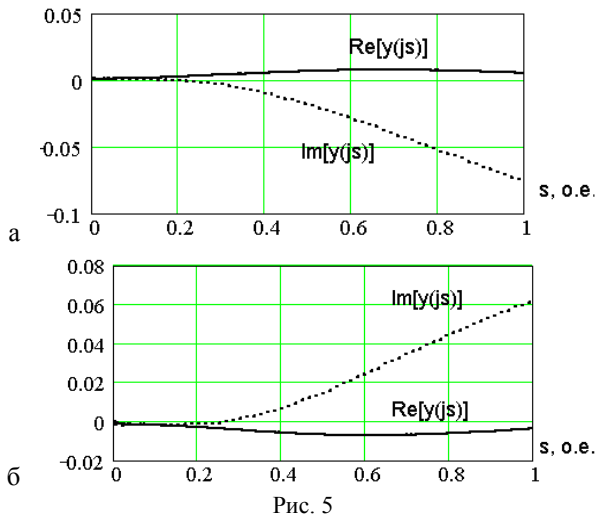


Рис. 5

При увеличении кратности пускового тока наблюдается монотонный рост значения функции чувствительности. При этом в диапазоне скольжений $0,15 < S < 0,6$ ее значение равно - 0,11 о.е. При значениях скольжения свыше 0,6 о.е. значение функции практически не меняется. Более сложный характер имеет функция чувствительности мнимой составляющей частотной характеристики. Максимум функ-

ции 0,21 о.е. наступает при скольжении примерно 0,4 о.е. При $s=1$ значение функции равно 0,082 о.е.

При уменьшении кратности пускового тока наблюдается монотонный рост значений функций чувствительности вещественной составляющей до величины примерно 0,092 о.е. Функция чувствительности для мнимой составляющей как и в варианте увеличения кратности пускового тока имеет более сложный характер. Отличие состоит в том, что при уменьшении кратности пускового тока экстремум функции имеет меньшее значение равное 0,14 о.е. (ранее 0,2 о.е.) и максимум наступает при несколько большем значении скольжения ($s=0,6$).

При изменении кратности максимального момента функции чувствительности вещественной и мнимой составляющих частотной характеристики подобны за исключением перемены знака. Кроме того, первый экстремум функции чувствительности для мнимой составляющей имеет большее по абсолютной величине значение для варианта увеличения кратности максимального момента двигателя.

Анализ функций чувствительности к изменениям кратности пускового момента показывает, что функции чувствительности вещественной составляющей частотной характеристики чрезвычайно малы во всем диапазоне скольжения.

В работе был выполнен сопоставительный анализ расчетов включения асинхронного генератора ветровой станции в сеть для всех вариантов (см. табл. 1). В качестве примера на рис. 6 приведены результаты расчета пуска для нулевого (сплошная линия) и первого варианта, а на рис. 7 коэффициенты чувствительности изображающего вектора тока к отклонению кратностей пускового тока (а – увеличение; б – уменьшение), максимального (в – увеличение; г – уменьшение) и пускового моментов (д – увеличение; е – уменьшение).

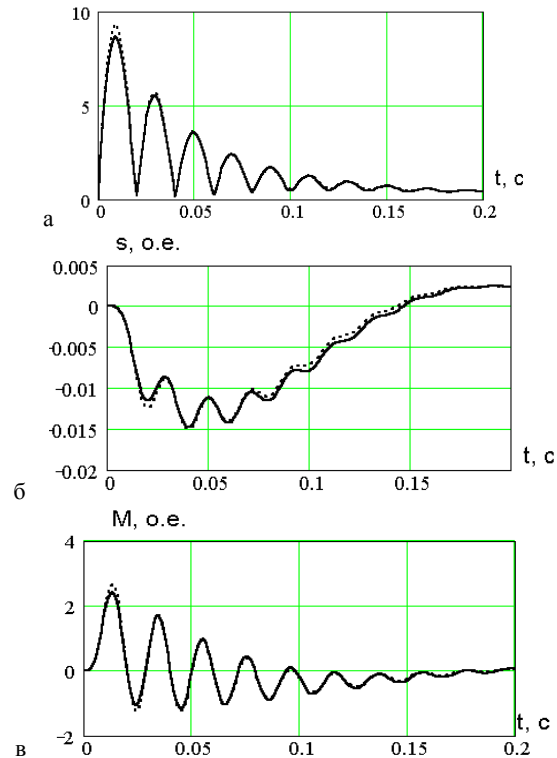


Рис 6

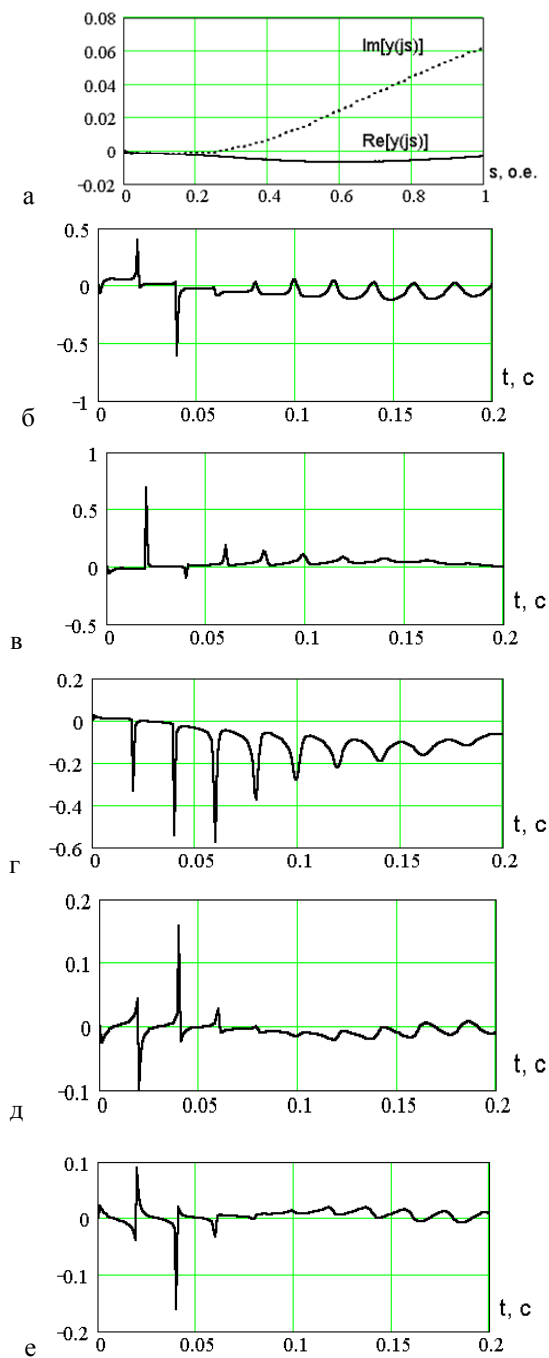


Рис. 7

Амплитудные значения тока во времени представляют множество локальных максимумов и минимумов. Наибольшие по абсолютному значению коэффициенты чувствительности соответствуют минимумам.

Сопоставительный анализ результатов расчетов позволил сделать следующие выводы:

- по степени убывания влияния варьируемых параметров последние можно расположить в следующем порядке: кратность пускового тока, кратность максимального момента, кратность пускового момента;

- наибольшие погрешности (в пределах 60 %) наблюдаются при сравнении минимумов тока статора в начальной стадии пуска, а наименьшие при сравнении скольжений. При сравнении расчетов по вариантам 5 и 6, соответствующим отклонению кратности пускового момента, погрешности расчета скольжения не

превышают 1 %;

- погрешности отклонения в электромагнитных моментах не превышают 10 %, наименьшие значения наблюдаются для вариантов 5 и 6;

- значительные отклонения для токов около 60 % для нескольких периодов пуска (не менее 5) наблюдаются в вариантах при увеличении кратности пускового тока (рис. 7, а) и при уменьшении кратности максимального момента (рис. 7, г);

- отклонения пускового момента приводят к изменению токов на величину не более 15 % в начальной стадии пуска и за два периода промышленной частоты снижаются до минимальных значений.

ВЫВОДЫ

1. Отклонения варьируемых параметров в сторону увеличения и уменьшения проявляются не только в изменении значений погрешностей, но проявляются в разных зонах частотных характеристик и зависимостей параметров режима пуска во времени

2. Более чувствительны к изменениям кратностей пускового тока, пускового и максимального моментов зависимости параметров режима пуска, чем составляющие частотной характеристики.

3. Незначительные коэффициенты чувствительности вещественной составляющей частотной характеристики асинхронного двигателя данного типа к отклонению кратности пускового момента свидетельствуют, что даже при малых погрешностях получения значений момента затруднительно обеспечить надежное определение достоверных электромагнитных параметров.

4. Регистрация с помощью современных цифровых аппаратов режимных параметров нестационарных режимов асинхронного двигателя с погрешностью 0,1 % и дискретностью не менее 1 кГц обеспечивает надежное определение электромагнитных параметров.

5. Знание коэффициентов чувствительности выходных параметров математических моделей к изменениям ее входных параметров имеет большое значение, так как коэффициенты позволяют определить степень влияния параметров моделей на ее выходные параметры, что важно для обоснованного задания требований для решения различных задач.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сивокобыленко В.Ф. Переходные процессы в многомашинных системах электроснабжения электрических станций. – Донецк: ДПИ, 1984. – 185 с.
- [2] Ларин А.М., Абдессалем Ламари. Экспериментальное определение частотных характеристик асинхронных двигателей по данным опытов включения их в сеть // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2001. – № 3. – С. 175 – 183.
- [3] Гехер К. Теория чувствительности и допусков электронных цепей. – М.: Сов. радио, 1973.
- [4] Вершин В.Е., Добролюбов Л.В. Статистический анализ электрических цепей. – М.: Сов. радио, 1970.

Надійшла 29.08.2003