

УДК 621.311

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Белов П.С.

Научный руководитель – м.т.н., старший преподаватель Волков А.А.

Цель работы состоит в изучении математической модели и способе представления асинхронного двигателя (АД) в программе Mustang. Принципиальная схема электрической сети представлена на рисунке 1.

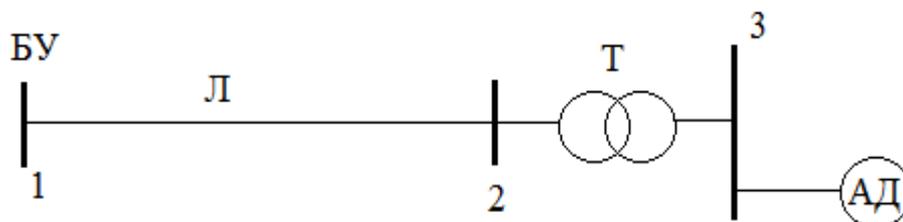


Рисунок 1 – Схема электрической сети

Питающая линия электропередачи напряжением 110 кВ выполнена проводом марки АС 95/16. Длина линии 20 км. На понижающей подстанции установлен трансформатор мощностью 10 МВ·А. Параметры асинхронного двигателя (марки 4А280S2У3) представлены в таблице 1.

Таблица 1 Асинхронный двигатель 4А280S2У3

Номинальная мощность, кВт	110
КПД, %	91
Коэффициент мощности, $\cos \varphi$	0,89
Сопротивление намагничивания σ	3,8
Сопротивление статора r_1	0,017
$m_{п} = \frac{M_{пу}}{M_{нс}}$	1,2
$m_{м} = \frac{M_{мн}}{M_{нс}}$	1,0
$m_{к} = \frac{M_{ма}}{M_{нс}}$	2,2
Номинальное скольжение s_n	2,0
Критическое скольжение s_k	8,5
$k_{i\text{ дв}} = \frac{I_{пу}}{I_{нс}}$	7,0

Так как характеристики АД $m(S)$ и $i(S)$ нам неизвестны, а имеются только каталожные данные то в этом случае можно использовать в программе «MUSTANG» “вид 2” как показано на рисунке 2 ниже и получить характеристики АД представленные на рисунке 3.

Тип	Вид	Тдв	Дас	Cos(φ)	Кзаг	Мст	Мтрог	Кн	Удв/Ун	Ммах	Мпуск	Ипуск	Сдвном	Sr/Rст
1	2	0,980	1,000	0,890	0,750	0,500	0,100	4,000	1,000	2,200	1,200	7,000	2,000	0,017

Рисунок 2

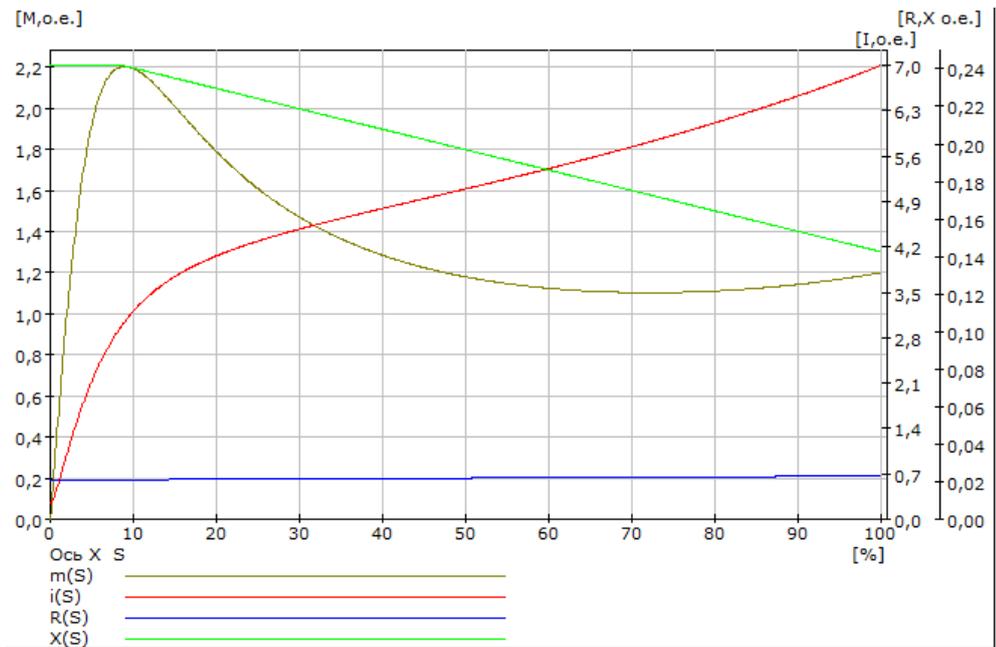


Рисунок 3

Для большинства АД не характерна такая форма $m(S)$ с понижением момента значительно ниже $m_{\text{пуск}}$ на большом интервале скольжений. Поэтому значения m при $S = 20 \dots 90\%$ придется увеличить и там же подкорректировать график $i(S)$, потому что вогнутые характеристики для $i(S)$ нехарактерны. Для этого задаемся значениями $m(S)$ и $i(S)$ представленными на рисунке 4.

S[%]	m(S)[o.e.]	i(S)[o.e.]
10,000	2,190	3,210
20,000	1,790	4,060
30,000	1,470	4,470
40,000	1,390	4,720
50,000	1,300	5,050
60,000	1,250	5,310
80,000	1,150	6,100

Рисунок 4

Характеристики АД при таких моделируемых параметрах показаны на рисунке 5.

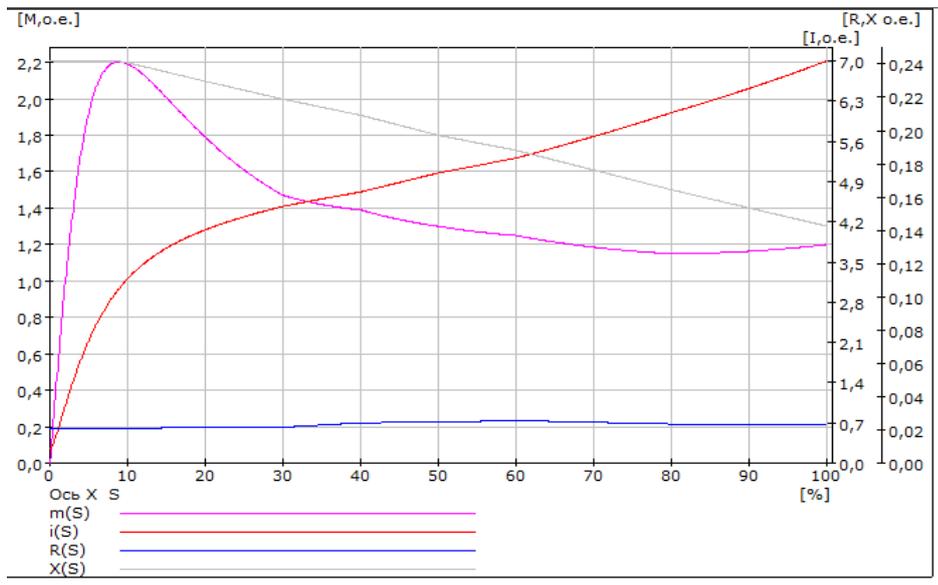


Рисунок 5

На следующем этапе мы попытаемся сгладить полученные кривые, для этого задаем новые значения (рисунок 6). Полученные характеристики представлены на рисунке 7.

S[%]	m(S)[о.е.]	i(S)[о.е.]
10,000	2,190	3,210
20,000	1,790	4,060
30,000	1,470	4,470
40,000	1,350	4,720
50,000	1,280	5,050
60,000	1,240	5,330
80,000	1,200	6,100

Рисунок 6

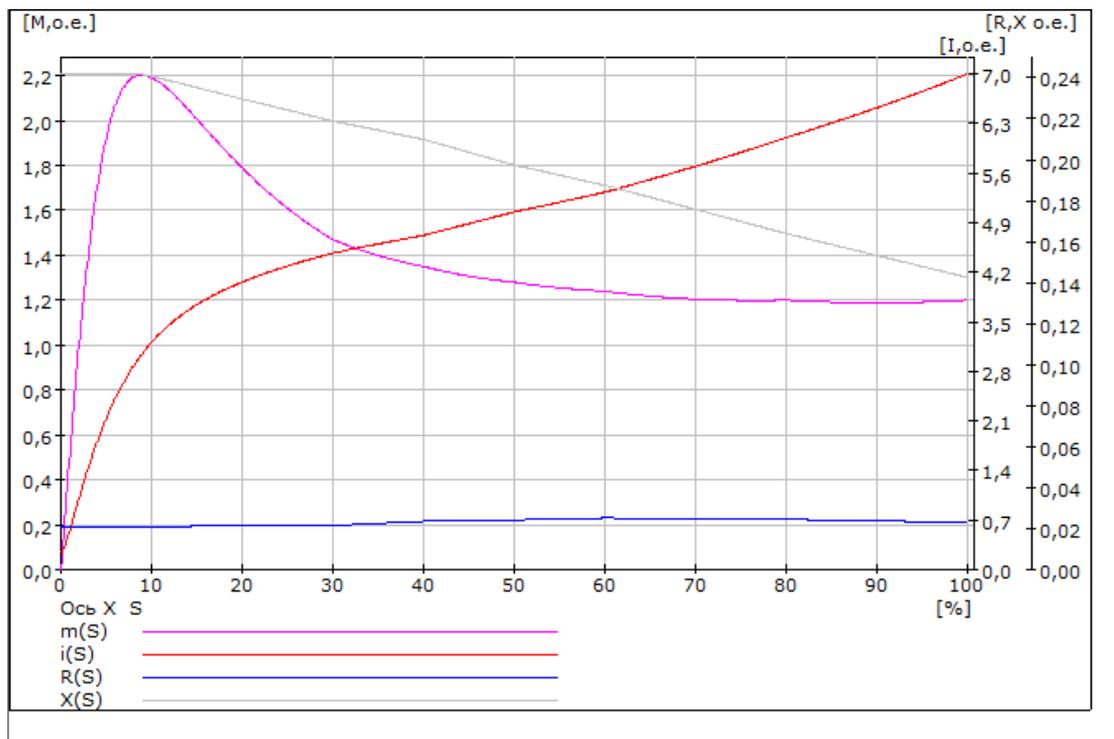


Рисунок 7

Таким образом, рассматриваемый способ моделирования АД позволяет, только по имеющимся каталожным данным, избежать качественных ошибок, которые обуславливаются жестко заданной и не всегда пригодной аппроксимацией $x(S)$ и $r(S)$.

Далее вводим в программу данные по узлам и ветвям электрической сети, команды автоматики и список контролируемых параметров.

Название	N	Код	Устарт	Урасч	dU	Pn0	Qn0	Unорм	Nсxn	Unом	Pr	Qr	Qmin	Qmax
бу	1	1100	110,00	110,00				110,00		110,00	0,1	-0,4	-10000	10000
нагр	2	11	110,00	110,00	-0,0			110,00		110,00				
	3	11	11,00	10,50	-0,1	0,12	0,13	10,00	101	10,00				

Рисунок 8 - Ввод узлов в программу MUSTANG

Название Ni	Название Nj	Ni	Nj	Nп	Название	R	X	G	B	Kт
бу	нагр	1	2	Л		6,12	8,42	0,4	-52,2	
нагр		2	3	Т		7,95	138,86	1,1	5,3	10,450

Рисунок 9 - Ввод ветвей в программу MUSTANG

Пояснение	N	Логика	Фактор	Ni	Nj	Nп	Уставка	T1	Кв	Zk1	Zk2
			T2	Действие	Ni	Nj	Nп	Парам1	Парам2	Парам3	
			Время				0,200				
			Шунт	1				0,001			
			0,100	Отключить связь	1	2					
			0,100	Шунт	1			-0,001			
			2,260	Включить связь	1	2					

Рисунок 10 - Ввод автоматки в программу MUSTANG

Параметр	Ni
U	3
S дв	3
Pн	3
Qн	3
Мэл ад	3

Рисунок 11 - Ввод контролируемых параметров в программу MUSTANG

Динамические характеристики АД представлены на рисунках 12-15.

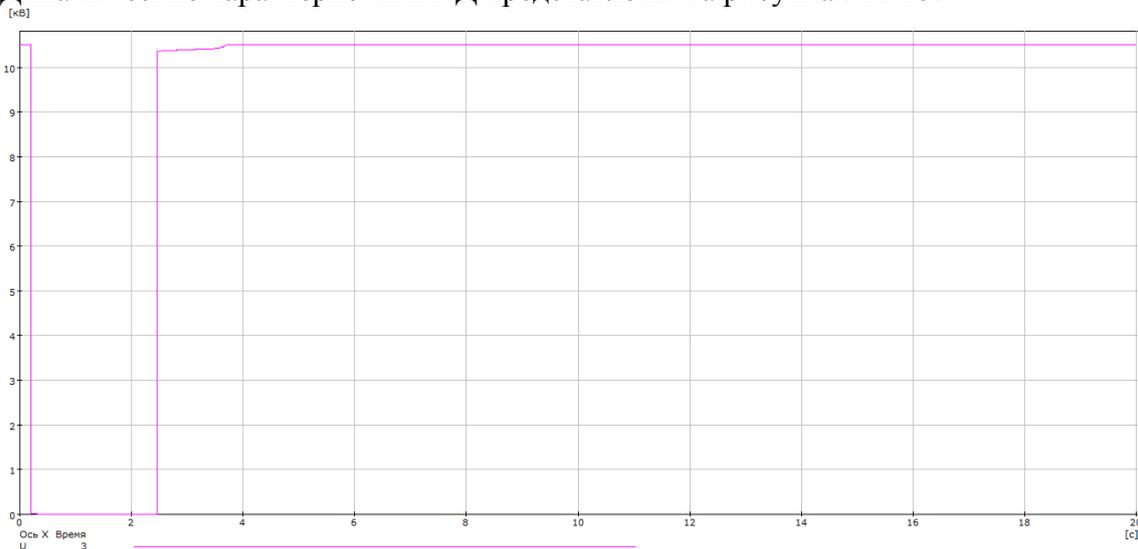


Рисунок 12 - Динамическая характеристика $U(t)$

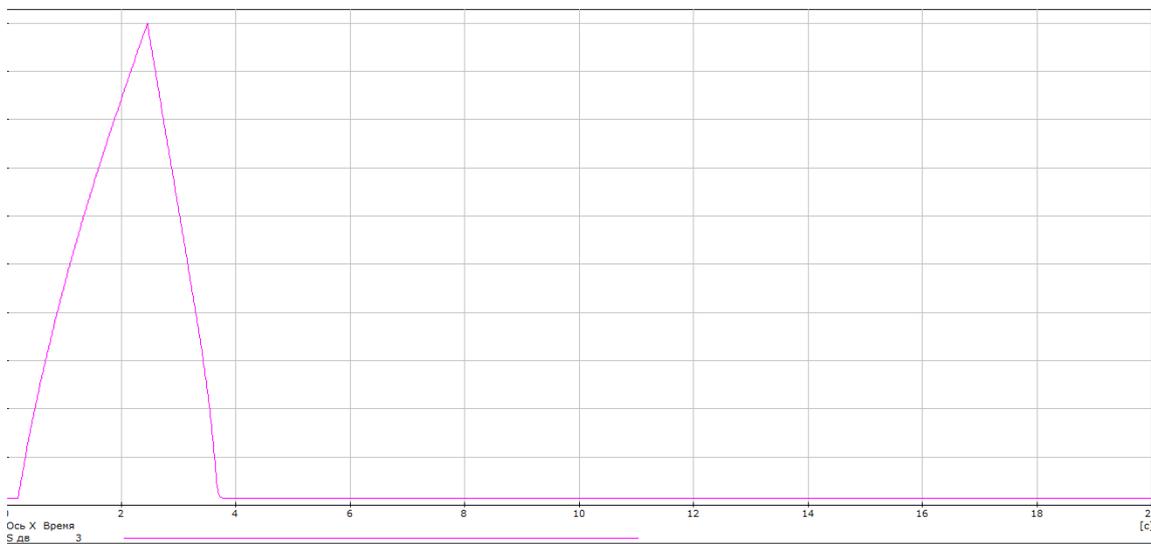
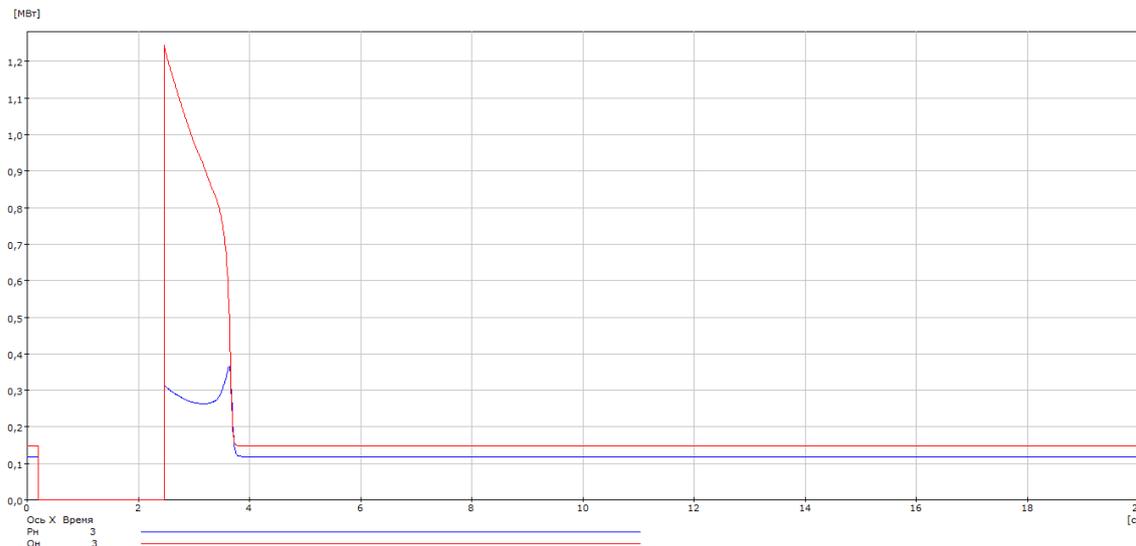
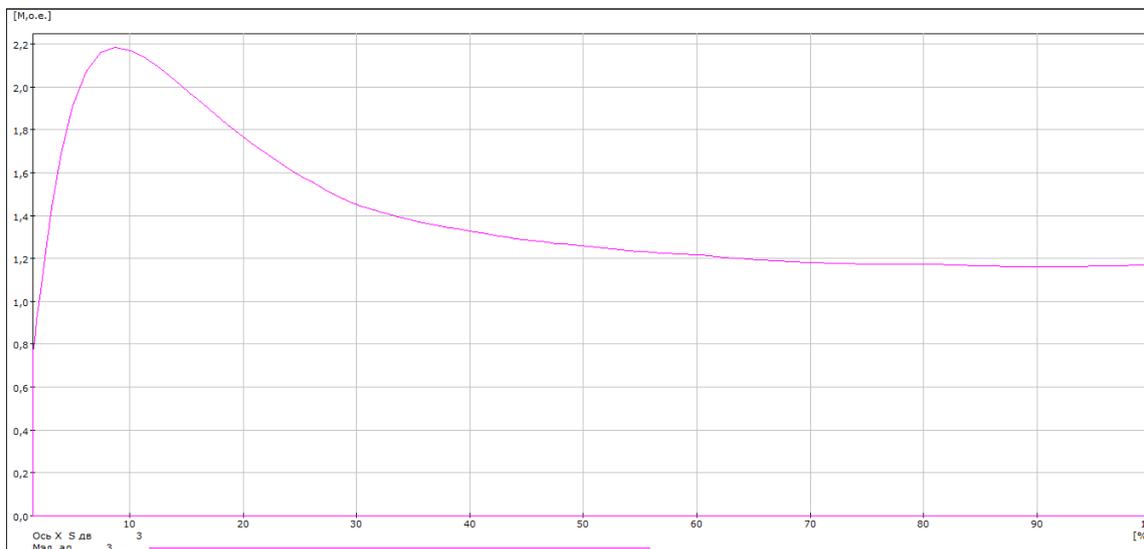


Рисунок 13 - Динамическая характеристика $S(t)$, где критическое скольжение $S = 99,91$

Рисунок 14 - Динамические характеристики $P_n(t)$, $Q_n(t)$ Рисунок 15 - Динамическая характеристика $m(S)$

Из проведенных расчетов можно сделать вывод что, критическое время включения связи $t = 2,26$ с. Это время при котором асинхронный двигатель еще может самопроизвольно запуститься, а при времени $t = 2,27$ с значение скольжения достигает 100 %.

Расчетное значение критического скольжения вычисляется по формуле:

$$s_{кр} = s_{ном} \cdot \left(m_k + \sqrt{m_k^2 - 1} \right) = 2 \cdot \left(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1} \right) = 8,319.$$

Из графической зависимости $m(S)$ критическое скольжение $s_{кр} \approx 8,4$. Это показывает, что программа MUSTANG, с небольшой погрешностью определила критическое скольжение, которое практически равно расчетному значению.

Литература

- 1 Гуревич Ю. Е., Либова Л. Е. Применение математических моделей электрической нагрузки в расчетах устойчивости энергосистем и надежности электроснабжения промышленных потребителей. - М.: ЭЛЕКС-КМ, 2008 – 248 с.
- 2 Кравчик А. Э., Шлаф М. М. Асинхронные двигатели серии 4а.- М.: Энергоиздат, 1982.–504 с.