

УДК 621.311

**ПРИМЕНЕНИЕ ФОРСИРОВКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
APPLICATION OF FORCED EXCITATION OF GENERATORS TO
INCREASE DYNAMIC STABILITY**

Н. Лукас, Г.С. Скурат

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Lukas, G. Skurat

Supervisor – A. Volkau, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: проведены расчеты и анализ динамической устойчивости генераторов при применении систем форсировки возбуждения с использованием программного комплекса Mustang.

Abstract: calculations and analysis of the dynamic stability of generators when applying excitation boost systems using the Mustang software package.

Ключевые слова: динамическая устойчивость, системы форсировки возбуждения, короткое замыкание.

Keywords: dynamic stability, excitation boost systems, electrical short.

Введение

Динамическую устойчивость генераторов при кратких замыканиях (КЗ) можно достигнуть благодаря быстродействующих автоматических регуляторов напряжения. Для повышения динамической устойчивости особое значение из всех способов является форсировка системы возбуждения синхронного генератора. Сама система состоит из реле *KM* (рисунок 1) и реле напряжения *KV*. Реле *KV*, реагирующий на снижение напряжения при КЗ, закорачивает резистор в цепи возбуждения машины.

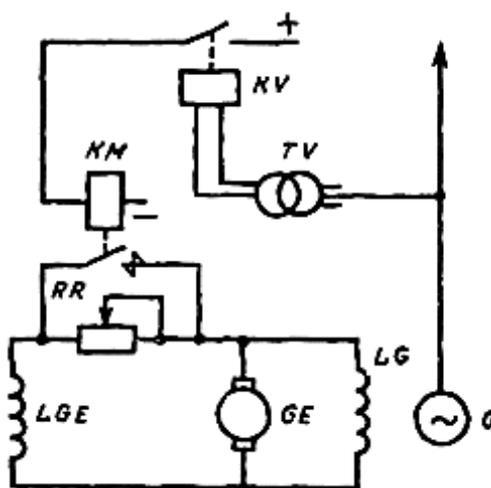


Рисунок 1 – Система возбуждения синхронного генератора

Напряжение на шинах генератора начинает увеличиваться до максимально возможного уровня, что приводит к росту тока, а также росту амплитуды характеристики мощности в аварийном режиме. Это приводит к сдвигу росту

площадки торможения, по отношению к ускорению, что приводит к увеличению динамической устойчивости [1].

Основная часть

Смоделируем небольшую энергосистему в программном комплексе *Mustang* с параметрами в ветвях, узлах, данными по генераторам и регулятору возбуждения представленными на рисунках 2-5.

	N	Трв	Uрв+	Uрв-	Ku	K'u	K'if	Kf	K'f	Tf	Альфа
	6	2,000	6,000	-6,000	50,000	5,000	5,000	2,000	5,000	0,900	

Рисунок 2 – Параметры регулятора возбуждения

Название	N	Блок	Uгном	Ргном	COS(φ)	D	Mj/Tj	X'd	Xd	Xq	X''d	X''q	T'd0	T''d0	T''q0
	1		110,00					0,419							
ген	6	1	18,00	480	0,850	10,00	3840,00	0,118	0,803	0,457	0,115		5,000	0,100	
	8	1	20,00	300	0,850	10,00	1312,50	0,544							

Рисунок 3 – Данные по генераторам

Название	N	Код	Устарт	Урасч	dU	Рн0	Qн0	Unorm	Uсхн	Unom	Pr	Qr	Уша	Ушр	Qmin	Qmax
	1	1100	121,00	121,00				110,00		110,00	-506,8	264,6			-1000	1000
	2	11	347,00	354,43	3,8	80,00	60,00	347,00		347,00						
	3	11	330,00	349,62	6,9			330,00		330,00						
	4	11	10,50	10,60	3,9	100,00	80,00	10,50		10,50						
	5	11	347,00	350,26	9,6			347,00		347,00						
	6	1010	18,00	18,00	11,9			18,00		18,00	480,0	-105,9			-1000	1000
	7	11	347,00	348,64	9,8	80,00	60,00	347,00		347,00						
	8	1010	20,00	20,00	14,5			20,00		20,00	300,0	-10,3			-1000	1000

Рисунок 4 – Параметры узлов в энергосистеме

Название Ni	Название Nj	Ni	Nj	Nп	Название	R	X	G	B	Kт	dKт	Gpi
		2	1		T2	0,43	16,56	0,5	1,9	3,017		
		3	7		Л3	4,08	27,88	2,3	-289,5			
		3	4		T3	2,42	63,38	0,4	1,4	31,429		
		5	7		Л2	3,99	33,92	2,1	-363,3			
		5	6		T1	0,20	10,51	1,7	9,2	19,278		
		5	2		Л4	3,15	33,60	1,6	-367,5			
		7	8		T4	0,61	33,11	3,0	1,3	17,350		
		2	3		Л5	5,10	28,14	2,9	-287,3			
		3	5		Л1	8,10	44,69	4,7	-456,3			

Рисунок 5 – Параметры ветвей в энергосистеме

После моделирования КЗ в узле 2 без использования форсировки, мы определили что $\delta_{кр}$ равно 143 мс. На рисунках 6-7 представлены зависимости изменения угла δ и напряжения генератора без форсировки возбуждения от времени при сохранении динамической устойчивости, на рисунках 8-9 – при нарушении динамической устойчивости.

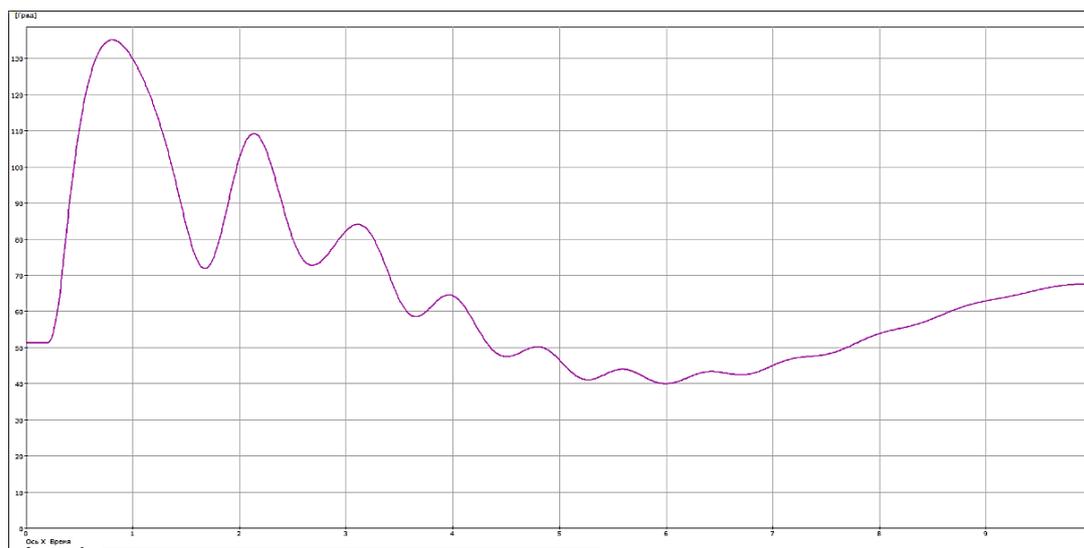


Рисунок 6 – Изменение угла δ генератора при сохранении устойчивости без форсировки возбуждения генератора

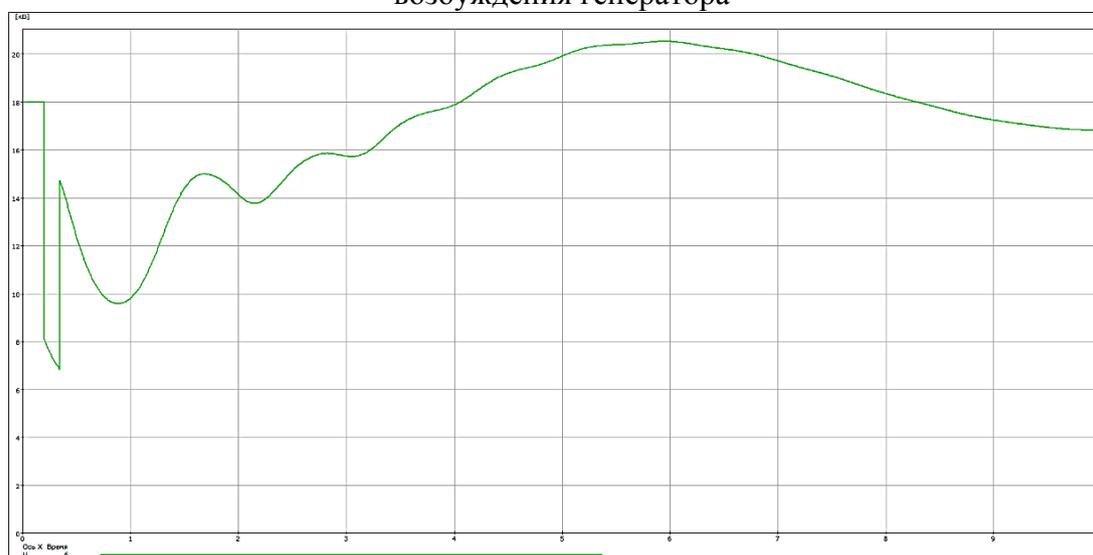


Рисунок 7 – Изменение напряжения генератора при сохранении устойчивости без форсировки возбуждения генератора

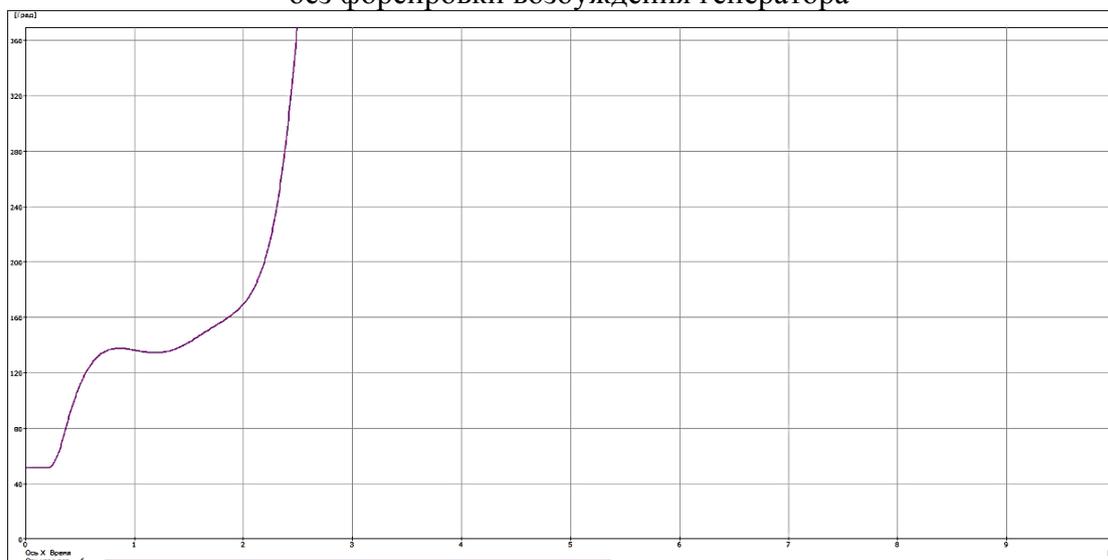


Рисунок 8 – Изменение угла δ генератора при нарушении устойчивости без форсировки возбуждения генератора

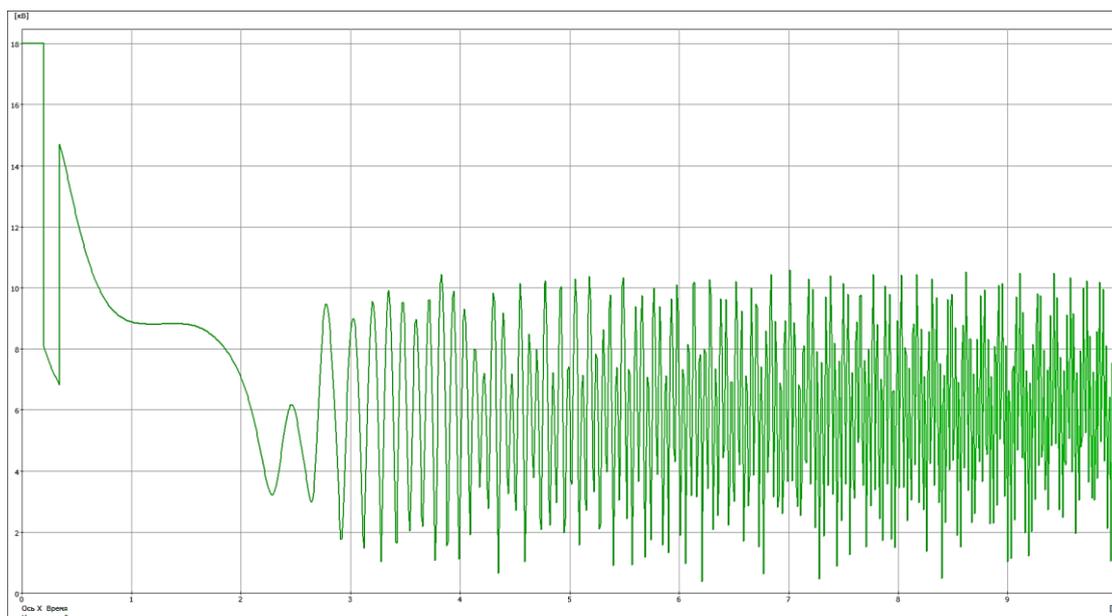


Рисунок 9 – Изменение напряжения генератора при нарушении устойчивости без форсировки возбуждения генератора

На рисунках 10-11 представлены зависимости изменения угла δ и напряжения генератора с применением системы форсировки возбуждения от времени при сохранении динамической устойчивости, а на рисунках 12-13 – при нарушении динамической устойчивости.

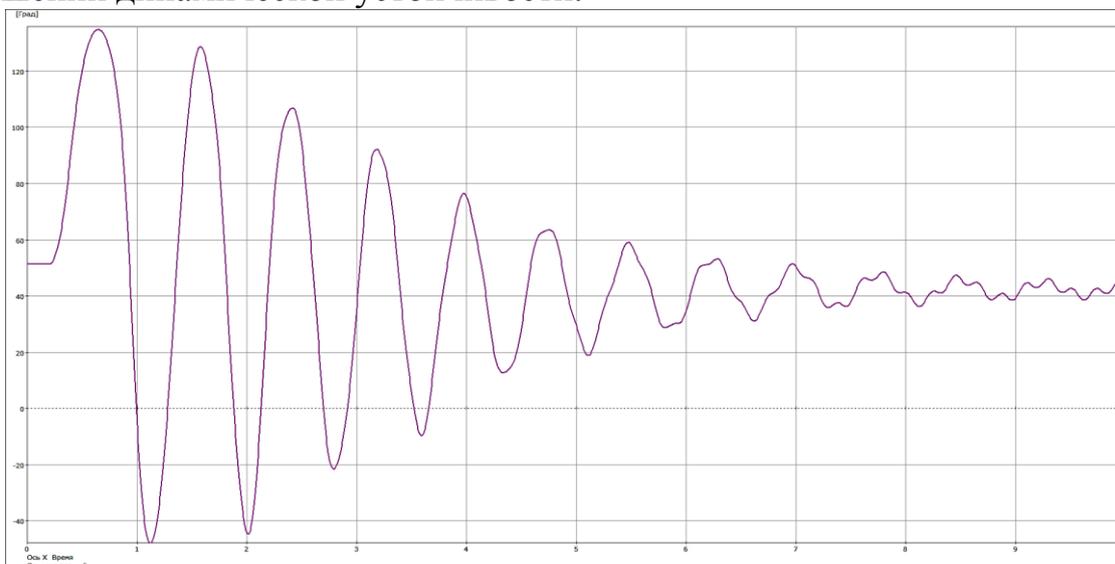


Рисунок 10 – Изменение угла δ генератора при сохранении устойчивости с форсировкой генератора

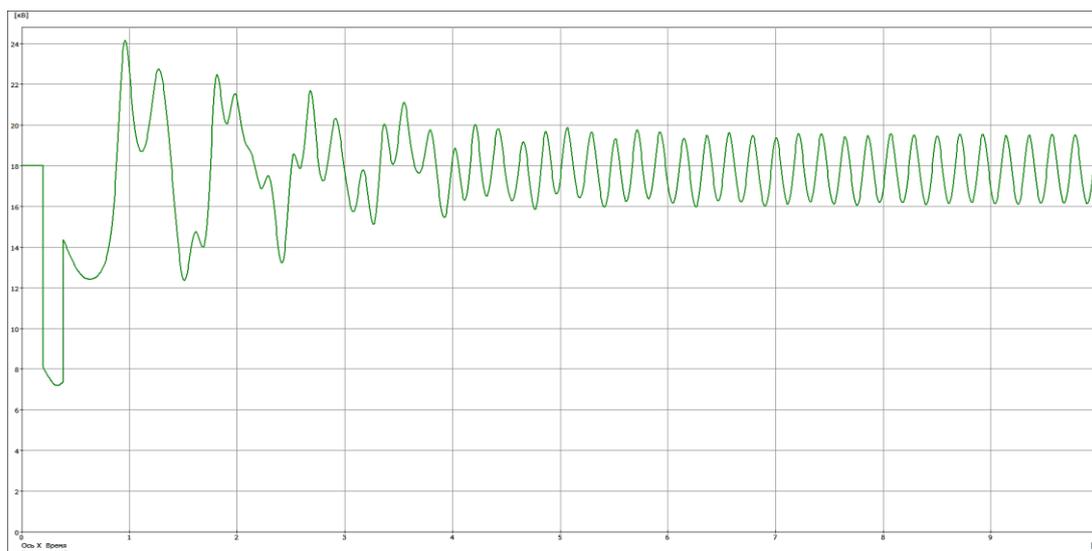


Рисунок 11 – Изменение напряжения генератора при сохранении устойчивости с форсировкой генератора

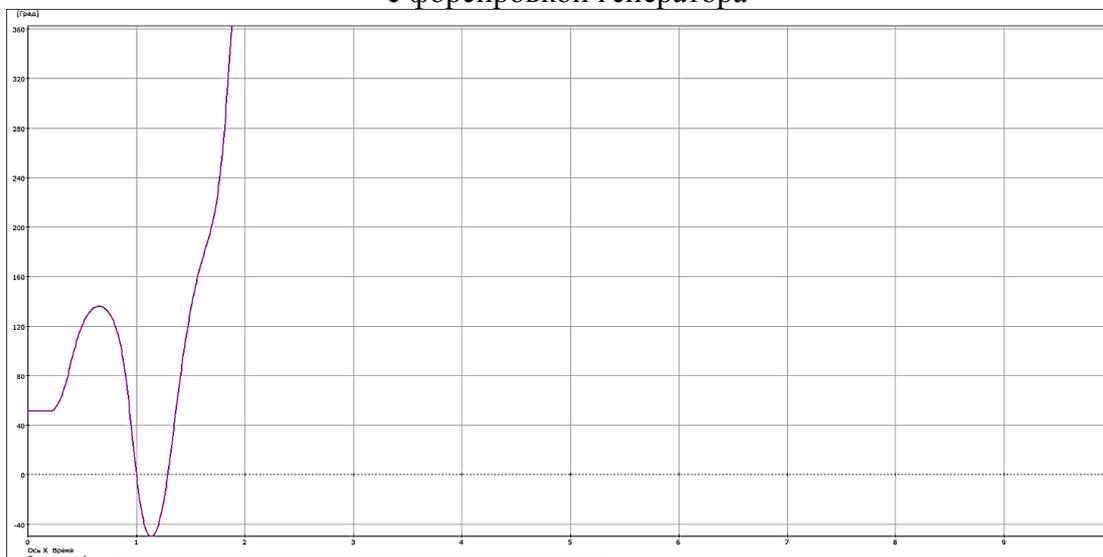


Рисунок 12 – Изменение угла δ генератора при нарушении устойчивости с форсировкой генератора

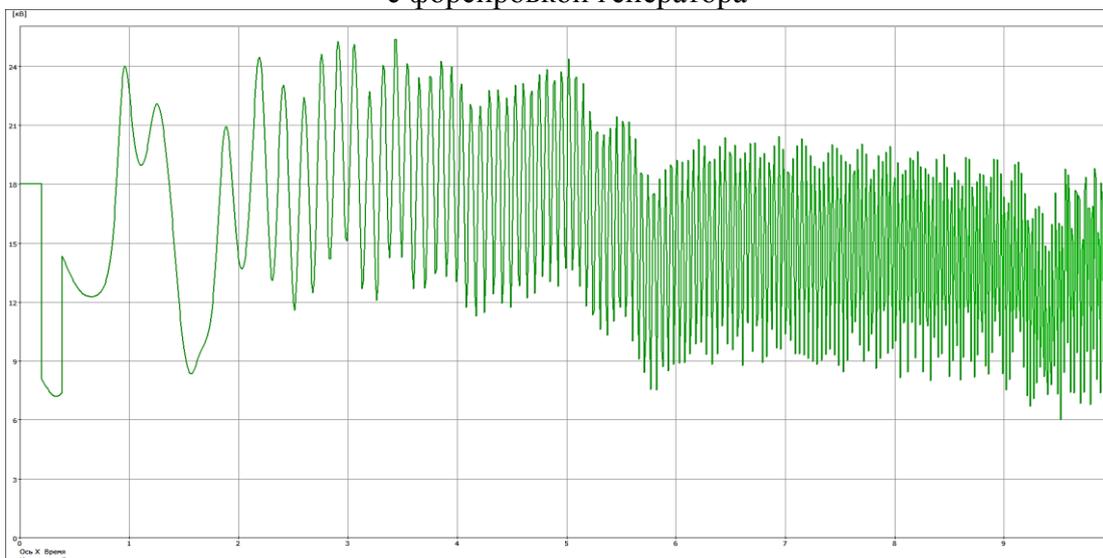


Рисунок 13 – Изменение напряжения генератора при нарушении устойчивости с форсировкой генератора

Заключение

Из всего проделанного, можно сделать вывод, что форсировка действительно повышает устойчивость системы. Однако следует отметить, что для обеспечения быстродействия, системы возбуждения должны иметь высокий потолок возбуждения, так как для быстрой форсировки тока в роторе нужна не только высокая скорость изменения напряжения, но и его значение.

Литература

1. Калентионок Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем: учебное пособие / Е.В. Калентионок. Минск: Техноперспектива, 2008. – 375 с.
2. Вайнштейн, В.В. Программные комплексы в учебном проектировании электрической части станций: учебное пособие / В.В. Вайнштейн. Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 123 с.