

В. Н. ВИНОСЛАВСКИЙ
Г. Г. ПИВНЯК
Л. И. НЕСЕН
А. Я. РЫБАЛКО
В. В. ПРОКОПЕНКО

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРО- СНАБЖЕНИЯ

Под редакцией
заслуженного работника
высшей школы УССР,
профессора
В. Н. ВИНОСЛАВСКОГО

*Допущено Министерством высшего
и среднего специального
образования УССР в качестве
учебника для студентов вузов,
обучающихся по специальности
«Электроснабжение» (по отраслям)*

КИЕВ
ГОЛОВНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
«ВИЩА ШКОЛА»
1980

ББК 31.27я73
1127

УДК 621.311(075.8)

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *И. В. Жежеленко* (Мариупольский металлургический институт); д-р техн. наук, проф. *Г. Я. Вагин* (Горьковский политехнический институт)

Редакция литературы по информатике и автоматике
Редактор *В. Ф. Хмель*

Переходные процессы в системах электроснабжения: Учебник / В. Н. Винославский, Г. Г. Пивняк, Л. И. Несен и др.; Под ред. В. Н. Винославского. — К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. — 422 с.: ил.
ISBN 5-11-001185-0.

В учебнике рассматриваются электромагнитные и электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения. Излагаются физические явления, обусловленные переходными процессами, методы их анализа и расчета. Материал иллюстрируется числовыми практическими примерами.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электроснабжение» (по отраслям). Может быть использован также студентами других электроэнергетических специальностей и инженерно-техническими работниками, занятыми проектированием и эксплуатацией систем электроснабжения.

П 2202000100—051 177—89
М 211(04)—89

ББК 31.27я73

ISBN 5-11-001185-0

© Издательское объединение,
«Выща шк», 1989

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Список сокращений	8
	Предисловие	9
Часть 1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ		
Глава 1 Общие сведения о переходных процессах	1.1. Краткая историческая справка 1.2. Режимы систем электроснабжения 1.3. Причины возникновения переходных процессов 1.4. Значимость исследований и расчетов переходных процессов Контрольные вопросы Темы рефератов	11 14 16 17 18 19
Глава 2 Короткие замыкания в системах электроснабжения	2.1. Виды, причины и последствия коротких замыканий 2.2. Назначение расчетов коротких замыканий 2.3. Допущения при расчетах токов короткого замыкания 2.4. Расчетные схемы и параметры их элементов 2.5. Схемы замещения и их преобразования 2.6. Приведение параметров элементов короткозамкнутой цепи к базисным условиям Контрольные вопросы Темы рефератов	19 22 23 24 27 30 41 41
Глава 3 Переходные процессы в электрических машинах при трехфазных коротких замыканиях	3.1. Переходный процесс в синхронной машине без демпферных обмоток 3.2. Переходный процесс в синхронной машине с демпферными обмотками 3.3. Уравнения переходного процесса 3.4. Особенности расчетов переходных процессов в электродвигателях Контрольные вопросы Темы рефератов	42 45 48 54 56 57
Глава 4 Токи трехфазного короткого замыкания	4.1. Короткое замыкание на зажимах генератора без автоматического регулирования возбуждения 4.2. Короткое замыкание на зажимах генератора с автоматическим регулированием возбуждения	57 63
		3

	4.3. Короткие замыкания в удаленных точках системы электроснабжения	63			
	4.4. Начальный ток короткого замыкания	68			
	4.5. Ток короткого замыкания в произвольный момент времени	68			
	4.6. Установившийся режим короткого замыкания	69			
	Контрольные вопросы	71			
	Темы рефератов	71			
Глава 5					
Практические методы расчета токов симметричного короткого замыкания	5.1. Расчет начального значения тока короткого замыкания	71			
	5.2. Определение тока короткого замыкания в произвольный момент времени по расчетным и типовым кривым	79			
	5.3. Расчет тока короткого замыкания по его общему и индивидуальному изменению	84			
	5.4. Учет электродвигателей при расчете токов короткого замыкания	98			
	5.5. Учет токов короткого замыкания, создаваемых электродвигателями в установках собственных нужд тепловых электростанций	98			
	5.6. Расчеты токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ	105			
	5.7. Расчеты токов короткого замыкания с использованием вычислительных машин	114			
	Контрольные вопросы	123			
Темы рефератов	123				
Глава 6					
Основные положения расчета несимметричных режимов	6.1. Метод симметричных составляющих	124			
	6.2. Основные соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений	127			
	6.3. Сопротивления элементов токам отдельных последовательностей	129			
	6.4. Схемы замещения отдельных последовательностей	137			
	6.5. Результирующие э. д. с. и сопротивления	140			
	Контрольные вопросы	141			
Темы рефератов	142				
Глава 7					
Поперечная несимметрия	7.1. Общие сведения	142			
	7.2. Однофазное короткое замыкание	144			
	7.3. Двухфазное короткое замыкание	145			
	7.4. Двухфазное короткое замыкание на землю	146			
	7.5. Учет переходного сопротивления в месте короткого замыкания	148			
	7.6. Правило эквивалентности прямой последовательности	150			
	7.7. Комплексные схемы замещения	153			
	7.8. Сравнение токов при различных видах несимметричного короткого замыкания	155			
	7.9. Векторные диаграммы токов и напряжений	158			
	7.10. Применение метода расчетных кривых для расчета несимметричных коротких замыканий	164			
	7.11. Замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью	168			
			7.12. Примеры расчетов	168	
			Контрольные вопросы	182	
			Темы рефератов	182	
			Глава 8		
			Продольная несимметрия и сложные виды повреждений	8.1. Общие сведения	182
				8.2. Разрыв одной фазы трехфазной цепи	185
				8.3. Разрыв двух фаз трехфазной цепи	186
				8.4. Включение в фазы неодинаковых сопротивлений	188
				8.5. Двойное замыкание на землю	191
				8.6. Однофазное короткое замыкание с разрывом фазы	199
				8.7. Примеры расчетов	202
			Контрольные вопросы	212	
			Темы рефератов	212	
			Глава 9		
			Переходные процессы в особых условиях	9.1. Короткие замыкания в питающих сетях	212
				9.2. Короткие замыкания в сетях постоянного тока	215
				9.3. Короткие замыкания в сетях повышенной частоты	220
				9.4. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью	221
				9.5. Переходные процессы, обусловленные особенностями технологии производства	226
				9.6. Процессы, происходящие при коммутациях конденсаторных батарей	229
				9.7. Примеры расчетов	232
			Контрольные вопросы	233	
			Темы рефератов	234	
			Глава 10		
			Уровни токов короткого замыкания	10.1. Качество электромагнитных переходных процессов	234
				10.2. Способы ограничения токов короткого замыкания	236
				10.3. Применение технических средств ограничения токов короткого замыкания	243
				10.4. Оптимизация уровней токов короткого замыкания	256
				10.5. Координация уровней токов короткого замыкания	259
				10.6. Примеры расчетов	260
			Контрольные вопросы	265	
			Темы рефератов	265	
			Часть 2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ		
			Глава 11		
			Устойчивость режима системы электроснабжения	11.1. Исходные условия исследования электро-механических переходных процессов	266
				11.2. Статическая устойчивость	271
				11.3. Динамическая устойчивость	275
				11.4. Результирующая устойчивость	279
			Контрольные вопросы	283	
			Темы рефератов	284	

	<i>Глава 12</i>		
Практические критерии и методы расчета устойчивости систем электроснабжения	12.1. Модели элементов при анализе устойчивости	284	
	12.2. Практические критерии оценки статической устойчивости	290	
	12.3. Исследование статической устойчивости методом малых колебаний	299	
	12.4. Упрощенные методы определения динамической устойчивости	308	
	12.5. Оценка динамической устойчивости сложной системы	312	
	12.6. Учет автоматического регулирования возбуждения при расчете устойчивости по внутреннему пределу мощности	316	
	12.7. Оценка результирующей устойчивости	328	
	12.8. Применение средств вычислительной техники	332	
	12.9. Примеры расчетов	334	
	Контрольные вопросы	343	
	Темы рефератов	344	
	<i>Глава 13</i>		
Общая характеристика узлов нагрузки систем электроснабжения	13.1. Представление нагрузки при расчетах устойчивости систем электроснабжения	344	
	13.2. Статические и динамические характеристики нагрузки	347	
	13.3. Влияние нагрузки на статическую устойчивость системы электроснабжения	351	
	13.4. Расчет статической устойчивости по действительному пределу мощности	353	
	Контрольные вопросы	356	
	Темы рефератов	357	
	<i>Глава 14</i>		
Устойчивость узлов нагрузки при слабых возмущениях	14.1. Исходные положения	357	
	14.2. Расчет устойчивости асинхронных и синхронных двигателей	360	
	14.3. Учет влияния электрической сети на устойчивость узла нагрузки	363	
	14.4. Влияние компенсации реактивной мощности на устойчивость узла нагрузки	367	
	14.5. Использование статических характеристик при расчете устойчивости узла комплексной нагрузки	371	
	14.6. Примеры расчетов	374	
	Контрольные вопросы	381	
	Темы рефератов	381	
	<i>Глава 15</i>		
Устойчивость узлов нагрузки при сильных возмущениях	15.1. Резкие изменения параметров режима в узлах системы электроснабжения	382	
	15.2. Наброс нагрузки на электродвигатели	384	
	15.3. Переходный процесс в узле нагрузки при пуске асинхронного двигателя	389	
	15.4. Переходный процесс в узле нагрузки при пуске синхронного двигателя	390	
	15.5. Самозапуск асинхронных двигателей	391	
	15.6. Самозапуск синхронных двигателей	394	
	15.7. Самовозбуждение асинхронных двигателей во время пуска при последовательной емкостной компенсации в сети	396	
	15.8. Примеры расчетов	399	
	Контрольные вопросы	406	
	Темы рефератов	406	

	<i>Глава 16</i>		
Повышение устойчивости систем электроснабжения	16.1. Классификация мероприятий по повышению устойчивости систем электроснабжения	406	
	16.2. Использование регуляторов электростанций	407	
	16.3. Использование устройств релейной защиты и автоматики	409	
	16.4. Мероприятия по повышению устойчивости на стадии проектирования систем электроснабжения	413	
	Контрольные вопросы	416	
	Темы рефератов	417	
	Список использованной литературы	418	
	Предметный указатель	420	