

УДК 331.45, 004.94

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСТЕКАНИЯ ТОКОВ ПРИ ЗАМЫКАНИИ КАБЕЛЯ НА ЗЕМЛЮ В ПРОГРАММЕ ELCUT 6.0

Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Конев А.А., Мухаметшин Е.В.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
Уфа, e-mail: [KonesevSG@yandex.ru](mailto:KonesevSG@yandex.ru)

В соответствии с ГОСТ 12.1.009-2009, под термином «поражение электрическим током» понимается физиологический эффект от воздействия электрического тока при его прохождении через тело человека или животного. Величина тока, проходящего через тело человека или животного является основным фактором, обуславливающим исход поражения. Результаты расчетов компьютерного моделирования аварийной ситуации, позволяют определить местонахождение персонала в момент поражения электрическим током, а также определить степень воздействия тока.

**Ключевые слова:** электробезопасность, растекание токов, замыкание на землю, компьютерная модель

## MODELING SPREADING CIRCUIT CURRENTS CABLE TO THE GROUND IN THE PROGRAM ELCUT 6.0

Konesev S.G., Mukhametshin A.V., Konev A.A., Mukhametshin E.V.

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: [KonesevSG@yandex.ru](mailto:KonesevSG@yandex.ru)

In accordance with GOST 12.1.009-2009, the term «electric shock» refers to the physiological effect of the action of the electric current passing through a human or animal body. The amount of current flowing through the human or animal body is the main factor that determines the result of electric shock. The results of computer simulation of an emergency, allow to find out the exact location of personnel at the time of the accident, and to determine the impact of the current.

**Keywords:** electrical safety, spreading currents, ground fault, the computer model

Обеспечение безопасности персонала при эксплуатации высоковольтного электрооборудования требует соблюдения правил, указанных в нормативных документах по электробезопасности, таких как: правила устройства электроустановок, правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, правила по охране труда при эксплуатации электроустановок и др. Следование нормам электробезопасности позволяет не просто уменьшить количество травм на производстве, но и в некоторых аварийных ситуациях сохранить жизнь рабочему персоналу.

Особо опасной ситуацией является растекание тока при замыкании на землю, так как в этом случае возникает «шаговое напряжение» в зоне растекания. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело в зоне растекания, а также охранная зона определены в ГОСТ 12.1.013-78 и ГОСТ 12.1.038-82.

В приложении 5 ГОСТа 12.1.013-78 приведены данные по охранным зонам.

Процесс поражения электрическим током весьма сложен и еще недостаточно изучен. Целью моделирования является создание компьютерной модели, которая поможет при расследовании несчастных случаев на производстве, в результате которых рабочим персоналом были получены поражения электрическим током, повлекшие за собой временную или стойкую утрату ими трудоспособности либо смерть пострадавших [1].

Для исследования растекания токов при замыкании на землю в данной работе применялось моделирование в пакете Elcut 6.0. Компьютерная модель позволяет смоделировать аварийную ситуацию, определить местонахождение персонала во время поражения электрическим током, а также оценить степень воздействия тока, установить охранную зону для электроустановки конкретного типа с известным уровнем напряжения, дать оценку: насколько ослабили воздействие тока средства индивидуальной защиты.

Моделирование производилось на основе табличных данных, таких как: удельная электропроводность человека, удельная электропроводность грунта, удельная электропроводность воздуха, удельное сопротивление средств защиты, напряжение на объекте [2].

Разработана компьютерная модель растекания токов при замыкании на землю, по ней была получена зависимость напряжения растекания, постоянного и переменного, от расстояния.

Результаты моделирования представлены в табл. 3, 4 и на рис. 1 и 2.

Для подтверждения адекватности модели было проведено сравнение значений напряжений прикосновения и токов, полученных в результате моделирования (приведены в табл. 3 и 4) с предельно допустимыми значениями напряжений и токов, протекающими через тело человека, указанными в ГОСТ 12.1.038-82.

**Таблица 1**

Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов, протекающих через тело человека

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока											
		t, с	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Переменный 50 Гц	U, В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Постоянный	U, В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I, мА												15

**Примечание.** Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при продолжительности воздействия более 1 с, приведенные в табл. 1, соответствуют отпускающим (переменным) и неболевым (постоянным) токам.

**Таблица 2**

Охранная зона

Напряжение, кВ	до 1	от 1 до 20	35	110	150	220	330	400	500	750	800
Безопасное расстояние, м	2	10	15	20	25	25	30	30	30	40	30

**Таблица 3**

Результаты моделирования напряжений прикосновения и токов, протекающих через модель человека

Род тока: постоянный			
Напряжение, кВ	Безопасное расстояние, м	Напряжение на объекте, В	Ток через объект, А
до 1	2	12,7	0,00069
от 1 до 20	10	8,3	0,00470
35	15	20,2	0,03470
110	20	32,1	0,03610
150	25	13,2	0,00045
220	25	16,1	0,00795
330	30	12,3	0,00825
400	30	24,6	0,00884
500	30	25,8	0,01450
750	40	27,9	0,01380
800	30	29,3	0,00540

**Таблица 4**

Результаты моделирования напряжений прикосновения и токов, протекающих через модель человека

Род тока: переменный			
Напряжение, кВ	Безопасное расстояние, м	Напряжение на объекте, В	Ток через объект, А
до 1	2	4,6	0,002610
от 1 до 20	10	9,7	0,000420
35	15	15,3	0,000002
110	20	7,2	0,000023
150	25	10,6	0,000003
220	25	11,0	0,000007
330	30	8,0	0,000153
400	30	13,7	0,000161
500	30	17,2	0,000171
750	40	1,2	0,000144

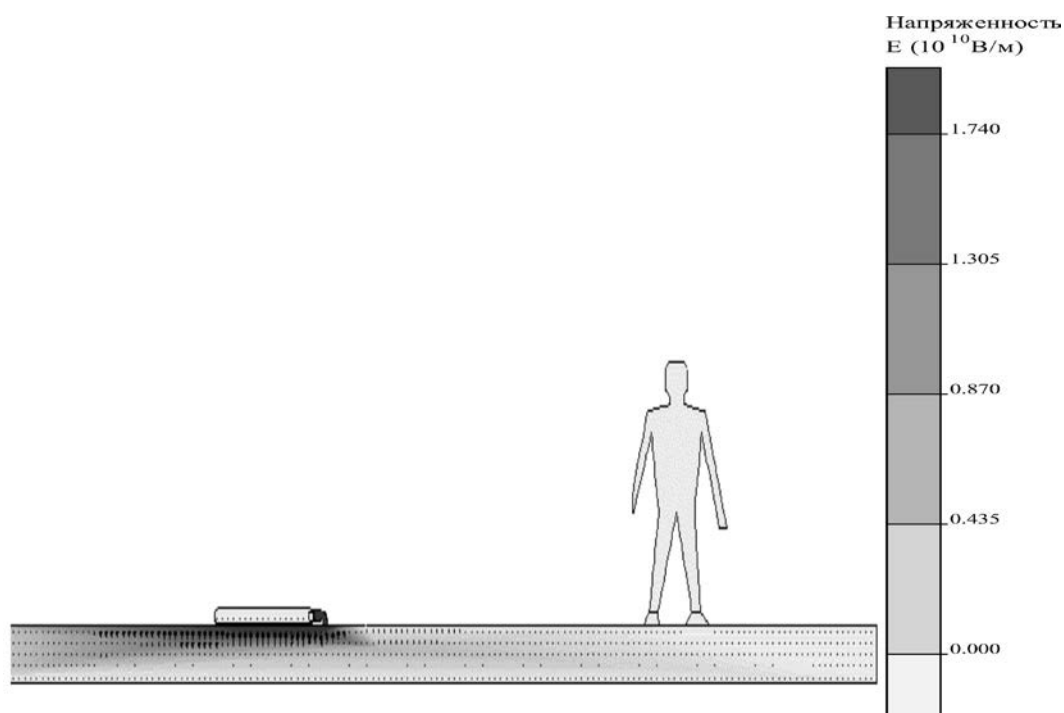


Рис. 1. Модель замыкания на землю постоянных токов при напряжении 20 кВ

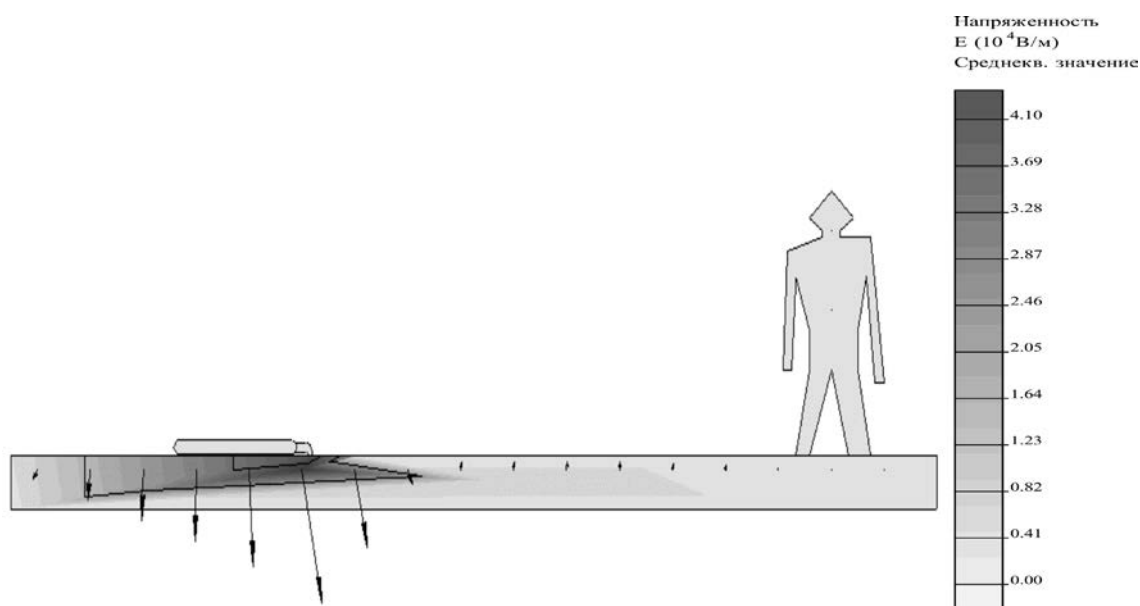


Рис. 2. Модель замыкания на землю переменных токов при напряжении 20 кВ

Полученные данные компьютерного моделирования соответствуют предельно допустимым значениям напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, указанных в ГОСТ 12.1.038-82, следовательно, это подтверждает адекватность компьютерной модели. Таким образом, моделирование растекания токов при замыкании кабеля на землю может быть

использовано для анализа различного рода аварийных ситуаций и несчастных случаев на производстве.

#### Список литературы

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014), глава 36, статья 227.
2. Мухаметшин А.В. Моделирование процесса испытания диэлектрических перчаток в программе Elcut 6.0. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014. – С. 169–172.