



ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт энергетики

Кафедра «Электроснабжения и электротехники»

«Электротехническое материаловедение»

Контрольная работа №2

**Расчет рабочих параметров диэлектрика при изменении
частоты электрического тока**

Иркутск 2020

Порядок выполнения контрольной работы

1. Описать цель контрольной работы, объект исследования, предмет исследования. Описание выполняется как словесно, так и графически.
2. Выполнить описание теоретической части контрольной работы (развернуто ответить на основные вопросы).
3. По последним двум цифрам зачетной книжки выбрать вариант и представить исходную для расчетов информацию. Начертить в произвольном масштабе объект исследования.
4. Выполнить расчеты для своего варианта. После необходимо исходные данные по электрической частоте (по варианту) f (Гц) увеличить в два, четыре и шесть раз и выполнить расчеты. Затем аналогично от исходного значения электрической частоты уменьшить в два, четыре и шесть раз и также выполнить аналогичный расчет. В конечном итоге должно быть представлено *семь* расчетов.
5. Построить график зависимости удельных диэлектрических потерь от электрической частоты. На одном графике показать результаты семи расчетов.
6. По результатам выполненной работы написать расширенное заключение.

Контрольные вопросы

1. Что такое электрическая частота?
2. Что такое тангенс угла диэлектрических потерь? Зачем нужен этот показатель?
3. Дать определение диэлектрической постоянной?
4. Что такое относительная диэлектрическая проницаемость?

Теоретическая часть задания

Имеется диэлектрик прямоугольной формы. Напряжение подводится к противоположным граням, покрытым слоями металла. Геометрические размеры описываются: длиной – a , шириной – b и высотой – h . На рисунке 1 упрощенно показан диэлектрик.

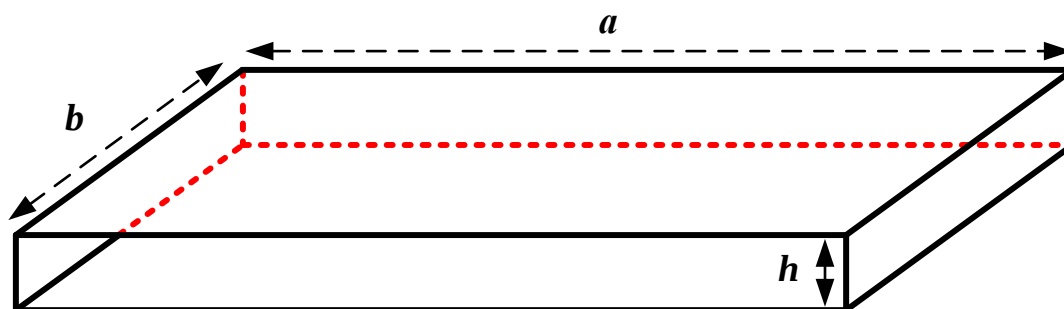


Рисунок 1. Упрощенное представление диэлектрика

К диэлектрику приложено переменное напряжение U (В). Напряжение подведено к противоположным граням $a \cdot b$, покрытым металлом.

Известны следующие параметры диэлектрика:

1. размеры диэлектрика – a (мм), b (мм), h (мм);
2. частота электрической сети – f (Гц);
3. напряжение электрической сети – U (В);
4. относительная диэлектрическая проницаемость – ε_r
5. тангенс угла диэлектрических потерь – $\operatorname{tg} \delta_0$;

Требуется определить:

1. ёмкость плоского конденсатора;
2. мощность диэлектрических потерь;
3. удельные диэлектрические потери.

Решение

Ёмкость плоского конденсатора, образованного металлическими гранями, между которыми находится диэлектрик имеет следующий вид:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot S}{h}, (\text{Ф}) \quad (1)$$

где ε_0 - диэлектрическая постоянная $(8,854187 \cdot 10^{-12})$, Ф/м; S - площадь пластины, м.

Мощность диэлектрических потерь будет равна (dielectric absorption loss):

$$P_{DAL} = U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta_0, (\text{Вт}) \quad (2)$$

где U - напряжение электрической сети, В; f - частота электрической сети, Гц; $\operatorname{tg} \delta_0$ - тангенс угла диэлектрических потерь.

Следовательно, удельные диэлектрические потери:

$$\Delta P_{DAL} = \frac{P_{DAL}}{a \cdot b \cdot h}, (\text{Вт/м}^3) \quad (3)$$

В результате определены основные рабочие параметры диэлектрика при приложенном переменном напряжении.

Численный пример

Известны следующие параметры диэлектрика:

1. $U = 1000$ (В);
2. $f = 50$ (Гц);
3. $a = 220$ (мм), $b = 130$ (мм), $h = 20$ (мм);
4. $\varepsilon_r = 3,7$;
5. $\operatorname{tg} \delta_0 = 8 \cdot 10^{-7}$ при 20°C ;

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot S}{h} = \frac{8,854187 \cdot 10^{-12} \cdot 3,7 \cdot (0,22 \cdot 0,13)}{0,02} = 4,6848 \cdot 10^{-11}, (\text{Ф}) \quad (1)$$

$$P_{DAL} = U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta_0 = 1000^2 \cdot 2 \cdot 3,1415 \cdot 50 \cdot 4,6848 \cdot 10^{-11} \cdot 8 \cdot 10^{-7} = 1,1774 \cdot 10^{-8}, (\text{Вт}) \quad (2)$$

$$\Delta P_{DAL} = \frac{P_{DAL}}{a \cdot b \cdot h} = \frac{1,1774 \cdot 10^{-8}}{0,22 \cdot 0,13 \cdot 0,02} = 2,0584 \cdot 10^{-5}, (\text{Вт/м}^3) \quad (3)$$

Варианты для выполнения контрольной работы

№ Варианта	ε_r	f , (Гц)	$tg\delta_0$	a , (мм)	b , (мм)	h , (мм)	U , (В)
1	4,7	229	7,7	181	126	10	900
2	10,2	176	10,2	234	142	14	800
3	6	263	7,6	287	173	8	900
4	7,9	207	7,7	263	130	20	700
5	4,7	170	9,6	197	80	14	600
6	8,5	288	7,8	252	118	15	800
7	5,6	276	10,8	183	114	20	700
8	9	210	10,8	295	195	9	1000
9	9,3	225	10,4	298	143	22	1000
10	9,8	217	8,1	273	155	30	700
11	7,2	141	10,2	178	158	13	600
12	4	160	9,6	191	102	33	900
13	5,3	194	11,4	149	128	7	1000
14	11,3	146	10,1	257	134	19	1000
15	4,6	269	10,7	277	73	5	600
16	10,5	139	9,3	283	134	12	800
17	8	145	9,2	212	154	5	800
18	12	134	10,8	220	114	11	900
19	3,9	145	7,8	129	176	10	900
20	7,1	187	8	280	160	14	900
21	4,2	162	8,2	190	104	11	900
22	11,7	285	9,1	141	118	9	700
23	3,3	186	10,9	280	108	26	800
24	10,1	137	10,7	253	167	37	600
25	10,4	281	7,7	277	160	38	600
26	10,9	296	9,1	157	114	12	1000
27	4	188	9,6	235	154	22	700
28	6,8	122	9,2	233	192	18	800
29	5,5	151	10,1	124	168	23	1000
30	10,3	182	10	181	156	14	600
31	7	219	8,6	155	66	7	600
32	11,3	152	9,2	244	108	20	700
33	4,9	221	7,5	156	139	11	1000
34	5,6	242	11,5	280	119	5	700
35	4,5	144	8,1	266	57	39	700
36	4,4	123	7,9	178	84	20	600
37	10,9	159	9	200	175	39	700
38	8,4	164	8,3	239	52	32	700
39	8,1	185	9,5	267	180	5	600
40	4,5	202	8,8	222	61	29	800
41	10,8	117	11,4	215	151	30	600
42	8,7	152	11,2	165	125	28	900
43	6,3	261	7,7	191	82	24	600
44	7,8	105	10,5	243	136	12	800
45	6,8	286	8,6	277	68	32	900
46	3,9	246	9,2	244	151	13	700
47	5,4	198	9,7	103	140	18	800
48	4,3	216	11,3	235	58	37	800
49	4,9	147	9,2	188	58	35	600
50	5,4	192	11,5	188	73	19	800
51	6,9	293	8,7	123	52	16	900
52	3,7	209	10,3	263	115	26	700
53	11,2	204	10,2	165	175	37	1000
54	11,6	146	9,7	149	143	37	1000

55	7,6	198	10,3	168	128	26	1000
56	7,6	225	10,2	175	180	16	800
57	6,2	236	8,2	209	64	35	700
58	11,2	179	8	212	187	20	900
59	6,5	173	11,5	179	66	37	700
60	4,2	298	8,2	180	128	6	1000
61	10,1	107	7,6	203	71	24	900
62	6,7	277	9,8	232	134	30	900
63	5,4	283	11,1	291	50	11	600
64	6,8	260	10,2	245	165	17	600
65	4,1	119	8,2	180	178	11	700
66	4,4	152	9	267	188	16	1000
67	11,5	167	9,3	127	199	19	1000
68	11,7	236	11,5	112	126	24	900
69	8,3	127	8,1	116	90	6	900
70	3,8	244	11	132	65	24	700
71	5,3	121	10,1	165	126	14	800
72	6,4	231	9	160	138	13	1000
73	10,5	199	8,2	102	165	13	800
74	3,4	256	9,2	208	62	10	1000
75	3,6	243	9,4	119	149	39	600
76	4,7	281	7,9	129	128	38	700
77	9	279	9,9	226	75	34	800
78	9,7	167	8,4	272	191	31	600
79	9	240	9	295	139	11	900
80	7,2	139	9,8	214	116	17	800
81	8,1	106	8,5	300	192	11	800
82	5,9	249	8,6	211	149	5	1000
83	9,8	200	10	203	118	16	1000
84	4,9	196	8,5	166	176	30	900
85	9,3	281	10,8	186	130	27	700
86	4,9	222	11,5	198	133	24	800
87	6,5	224	10,4	114	152	20	900
88	8,8	272	8,9	278	105	15	600
89	10,1	261	9,8	112	86	23	600
90	4	215	7,9	187	137	32	700
91	11,4	136	11,2	266	180	32	800
92	10,1	148	11,1	179	111	25	1000
93	7,5	278	10,8	223	67	31	900
94	7,1	105	8,5	264	117	28	700
95	7,2	198	9,9	278	95	9	700
96	5,9	133	7,5	287	110	23	1000
97	7,7	296	9,2	138	175	17	1000
98	7,7	243	8,7	151	110	8	900
99	10,4	200	8,1	280	108	10	700
100	10,2	194	8,2	219	104	12	600