



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ  
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH  
MUHANDISLARI INSTITUTI



**FAN:** | ТЕХНИКА ВЫСОКИХ  
НАПРЯЖЕНИЙ

ТЕМА  
**10**

**КОММУТАЦИОННЫЕ  
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ**



Музафаров Шавкат Мансурович

Профессор кафедры  
“электроснабжение и возобновляемые  
источники энергии”



# План лекции:

- Условия возникновения
- Колебания напряжения при отключении линий.
- Ударные коэффициенты
- Ограничители перенапряжений.

Коммутационные перенапряжения при включении линии обусловлены колебательными переходами от начальных к установившимся распределениям напряжения на проводах линии при включении фаз выключателя. В условиях реальных сетей могут иметь значение перенапряжения при плановом включении и автоматическом повторном включении (АПВ) линий. Плановое включение обычно производится с одного конца, а затем после синхронизации станций (если они до этого не работали параллельно по другим линиям) — с другого конца. Перенапряжения в основном возникают при включении каждой из трех фаз первого выключателя.

---

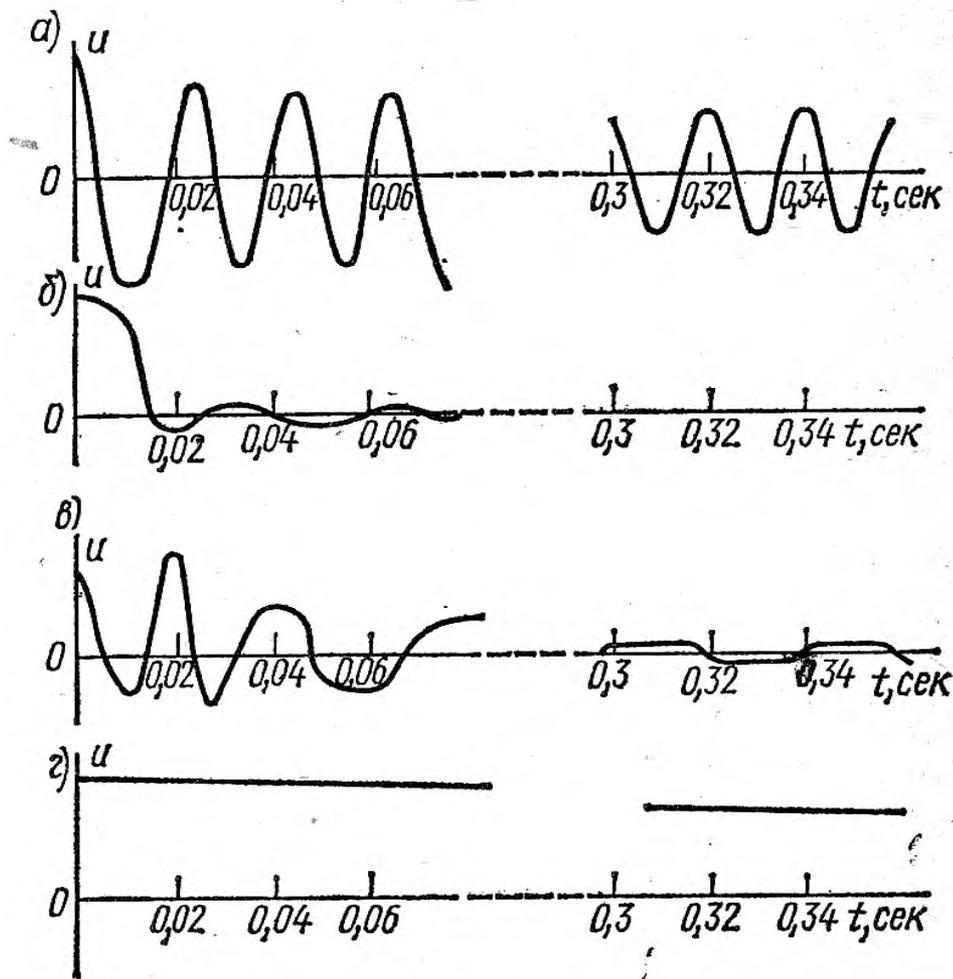


Рис. 13.1. Примерные осциллограммы напряжения на отключенной линии: с шунтирующими реакторами (а), электромагнитными трансформаторами напряжения (б), силовыми трансформаторами (в), при отсутствии указанных устройств (г)

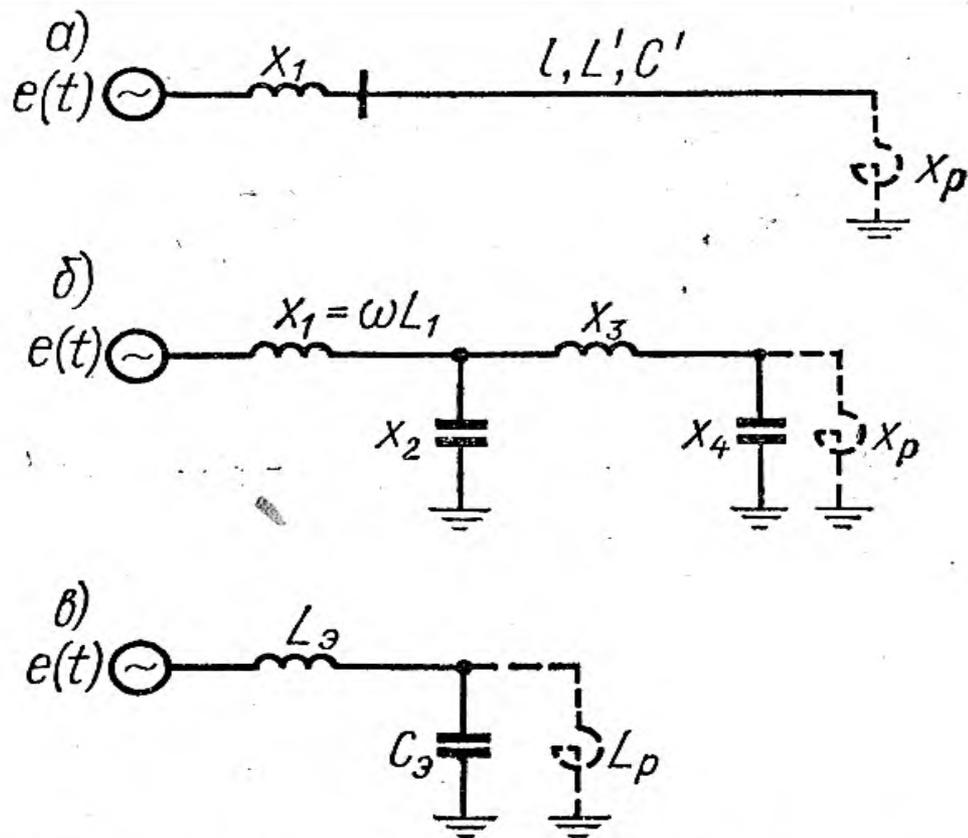


Рис. 13.2. Составление приближенной эквивалентной схемы с сосредоточенными параметрами для длинной линии:

$a$  — исходная схема линии;  $б$  — эквивалентная схема при замене линии П-схемой замещения;  $в$  — эквивалентная Г-схема замещения

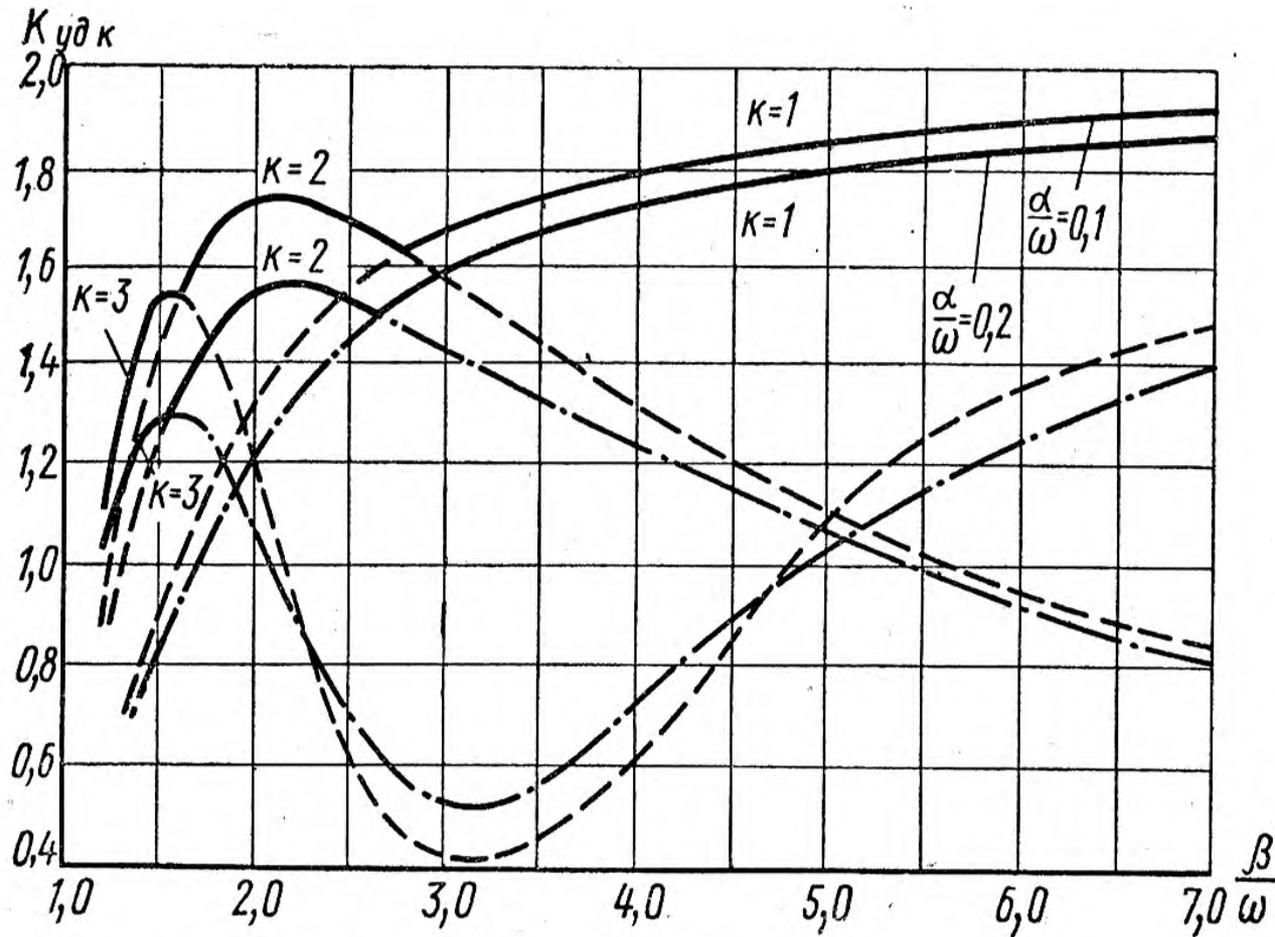


Рис. 13.3. Ударные коэффициенты контура  $R-L_3-C_3$  при включении э. д. с.  $e_m = E_m \cos(\omega t + \psi_e)$  в зависимости от частоты собственных колебаний и декремента  $\alpha$ :

————— — наибольший ударный коэффициент; — — — — ударный коэффициент при  $\alpha=0,1\omega$ ; - · - · - · - · — то же, при  $\alpha=0,2\omega$

Таблица 13.1

$U_{\text{НОМ}}$ , кв	$S_{\text{НОМ}}$ , квв	$l$ , км	$Q_p$ , Мва	$\frac{U_{\text{ВЫП}}}{U_{\text{Ф}}}$	$\frac{\beta_1}{\omega}$	$t_m$ , мсек	$K_{\text{П}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{ВЫП}} t}$		$K = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{Ф}} t}$	
							$U_0=0$	$U_0=-U_{\text{Ф}} t$	$U_0=0$	$U_0=-U_{\text{Ф}} t$
220	130	200	0	1,14	2,07	4	1,61	2,40	1,84	2,74
330	400	300	0	1,24	2,29	9	1,73	2,36	2,15	2,93
500	1200	450	0	1,39	1,92	11	1,71	2,22	2,38	3,09
			165	1,18	2,03	10	1,73	2,35	2,04	2,78
750	3600	600	0	1,60	1,66	12	1,58	2,00	2,53	3,21
			300	1,36	1,73	11	1,65	2,16	2,24	2,94

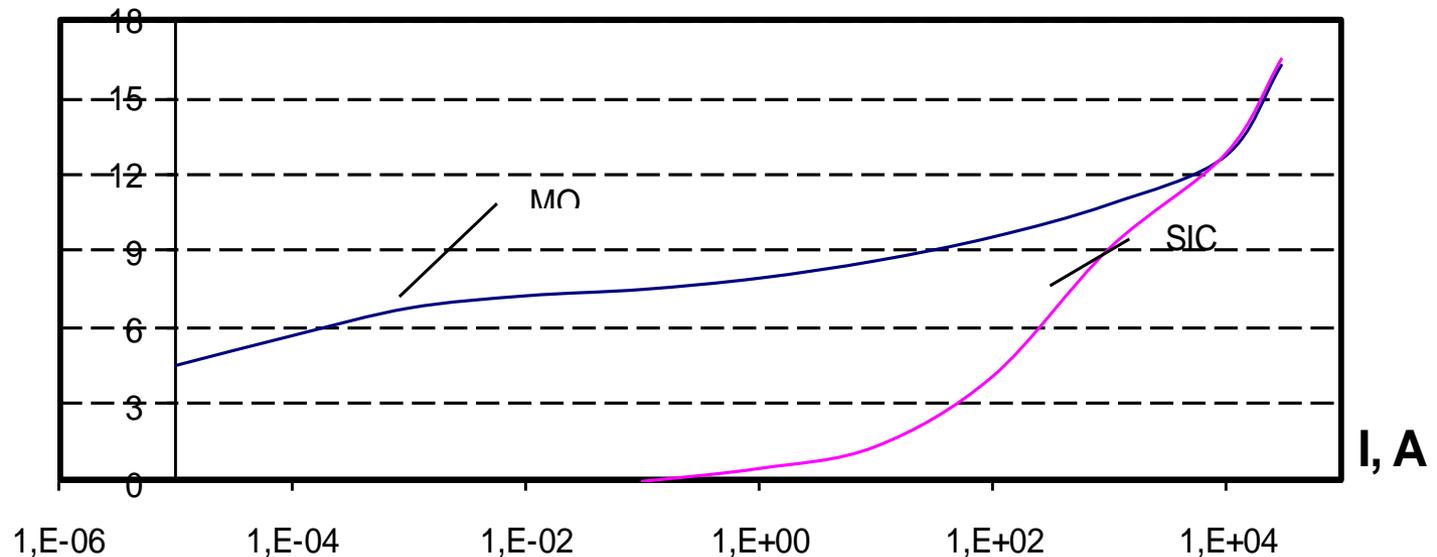
В табл. 13.1 приведены ориентировочные значения первых частот собственных колебаний, вынужденных составляющих и максимальных перенапряжений при наиболее неблагоприятной фазе включения для участков электропередач 220÷750 кв, вычисленные для эквивалентного одночастотного контура. Из таблицы следует, что с увеличением длины электропередачи существенно возрастают максимальные перенапряжения и вынужденные составляющие, а частоты собственных колебаний уменьшаются. Приведенные результаты обосновывают также необходимость установки шунтирующих реакторов на линиях 500÷750 кв.

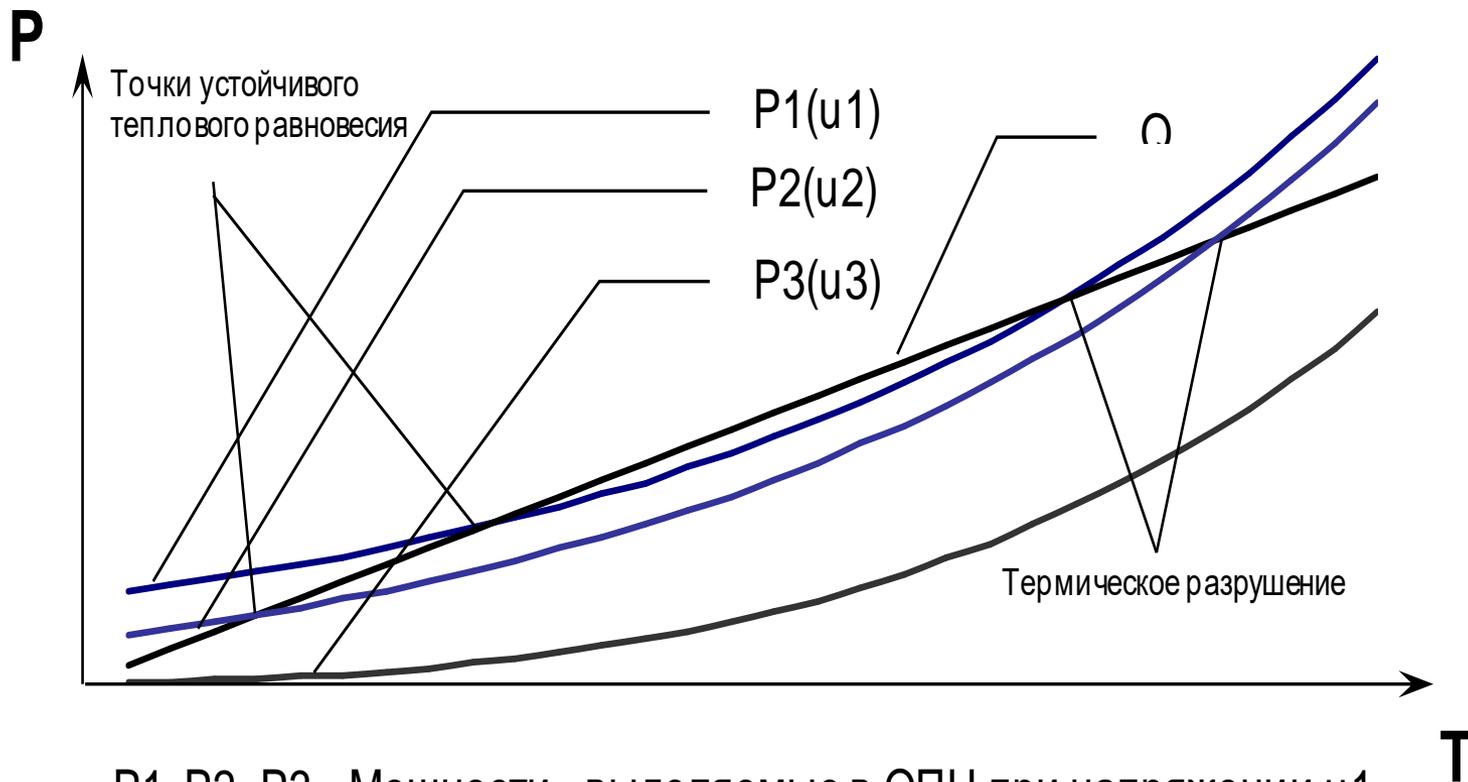
# Выбор ограничителей перенапряжений производства в сетях среднего напряжения

МО –окись цинка, SIC-карбид кремния

Вольт-амперные характеристики МО и SIC резисторов

U, кВ





$P_1, P_2, P_3$  - Мощности, выделяемые в ОПН при напряжении  $u_1, u_2, u_3$ .  $Q$  - Мощность, отводимая от ОПН ( $u_1 > u_2 > u_3$ )

Рис.2

Допустимая длительность временного повышения напряжения частоты 50 Гц

$$T = U / U_{нд}$$

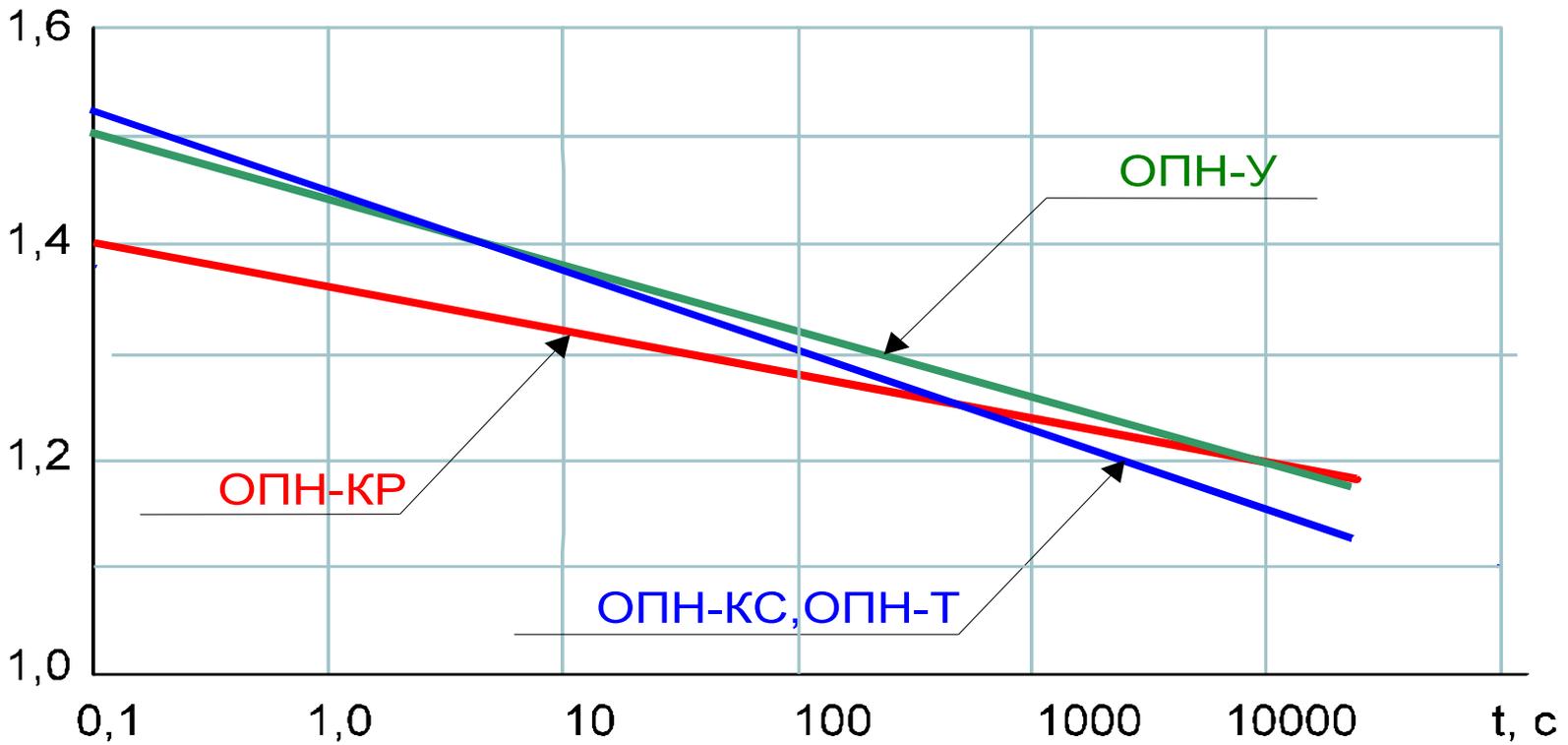


Рис.3

## **Основными параметрами ограничителя являются:**

- Наибольшее длительно допустимое напряжение;
- Номинальный разрядный ток;
- Остающееся напряжение при нормированных токах;
- Удельная энергоемкость;
- Ток пропускной способности.

Для обеспечения надежной работы в эксплуатационных условиях каждый ограничитель проходит систему классификационных, периодических и приемосдаточных испытаний. Виды и объемы испытаний сведены в таблицу 1.

№	Виды испытаний и проверок	Приемосдаточные испытания	Периодические испытания	Классификационные испытания
1	Проверка классификационного напряжения	да	да	Да
2	Проверка остающихся напряжений	да	да	Да
3	Испытания на пропускную способность	Нет	да	Да
4	Проверка электрической прочности изоляции	Нет	нет	Нет
5	Проверка уровня частичных разрядов	Да	да	Да
6	Проверка механической прочности	нет	нет	Да
7	Испытания на прочность при транспортировании	нет	нет	Да

8	Проверка герметичности	?	да	Да
9	Испытание на изменение температуры	нет	нет	Да
10	Испытания на взрывобезопасность	нет	нет	Да
11	Испытания на пожаробезопасность	Нет	нет	Да
12	Определение характеристики «напряжение время»	нет	да	Да
13	Испытания на трекинг-эрозионную стойкость	нет	нет	Да
14	Измерение длины пути утечки	нет	да	Да
15	Технический осмотр	да	да	Да

## Вероятность дуговых перенапряжений

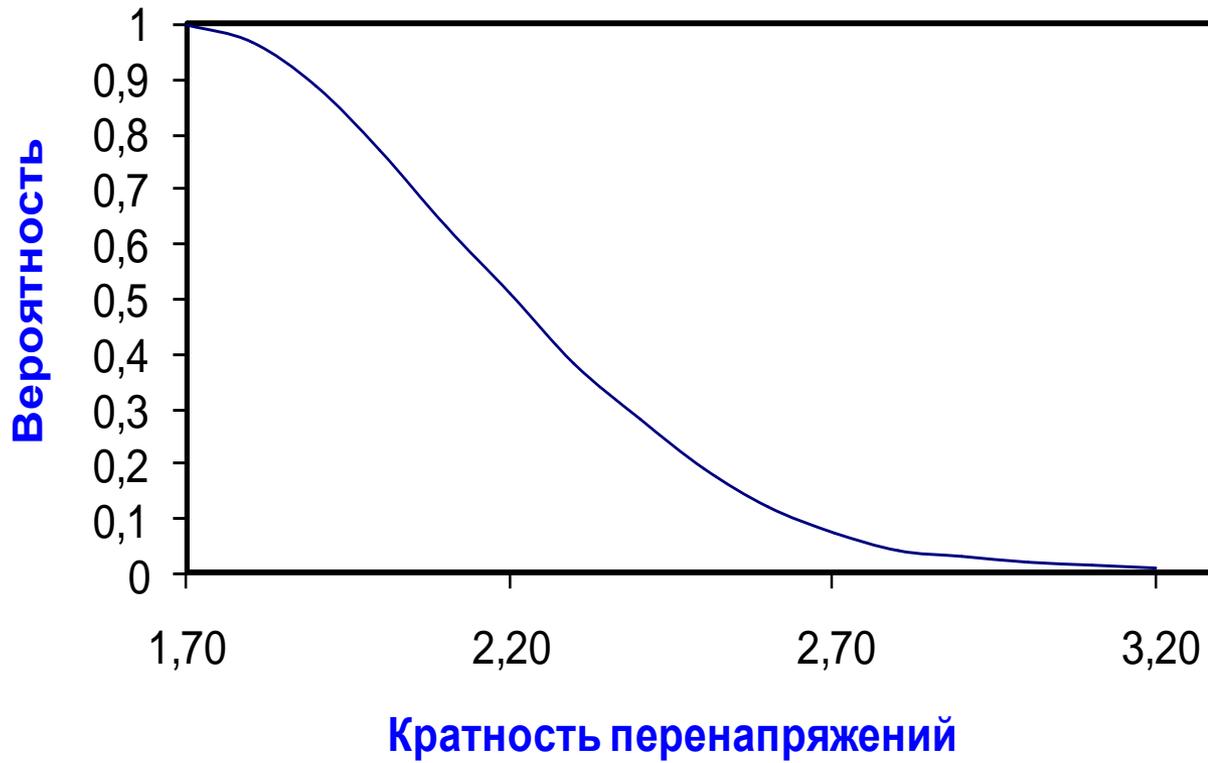


Рис.4

**Зависимость дуговых перенапряжений в сети с  
компенсированной нейтралью от степени расстройста  
компенсации**

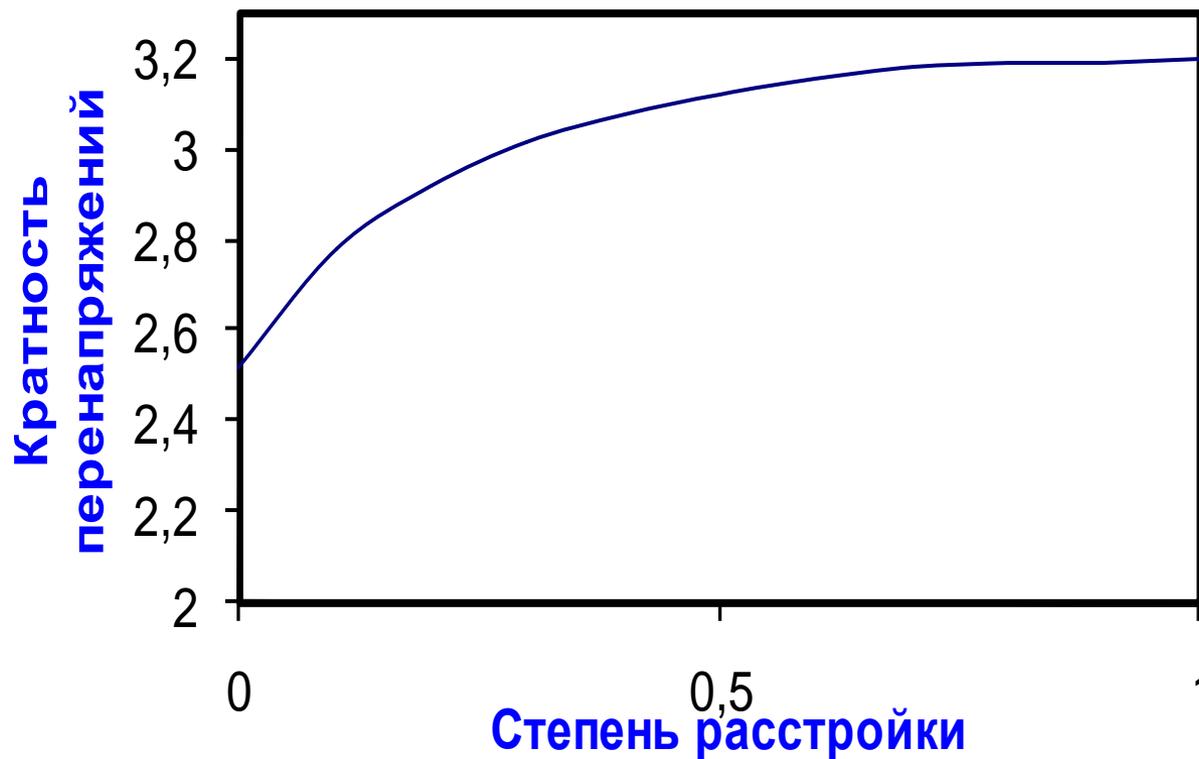


Рис.5

**Зависимость дуговых перенапряжений от отношения активной составляющей тока замыкания к емкостной**

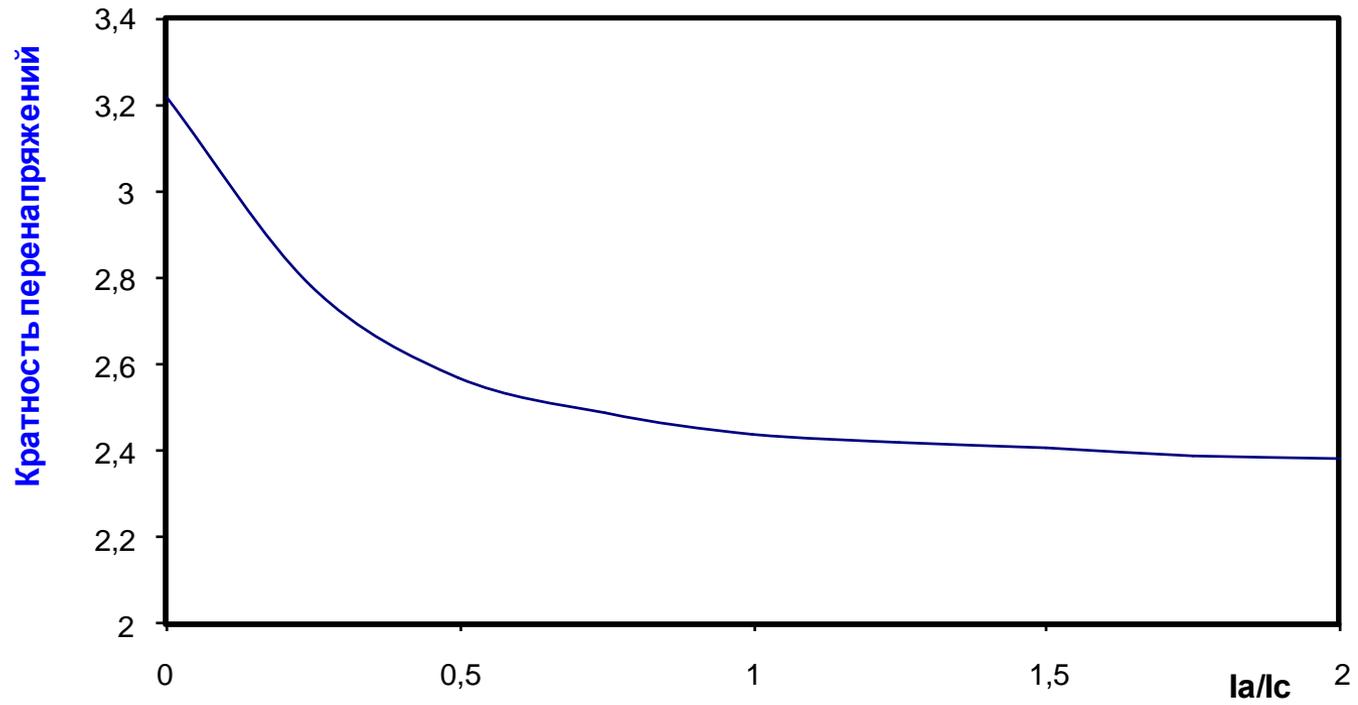


Рис.6

# Литература:

1. Alston, L.L., High Voltage Technology, Oxford University Press, Oxford (2007).
2. Seely, S., Electromagnetic Fields, McGraw-Hill, New York (2003).
3. Kuffej, E. and Zaengl, W.S., High Voltage Engineering Fundamentals, Pergamon Press, Oxford (2004).
4. Hamidov N. Yuqori kuchlanish texnikasi va izolytsiya.- T.: «Fan va texnologiya», 2012, 200 b.
5. Г.Н. Александров, В.Л. Иванов М.В. Костенко Техника высоких напряжений. Под редак. М.В. Костенко. М.: Высшая школа.1993.- 528 с.



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ  
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH  
MUHANDISLARI INSTITUTI



**Благодарю за внимание**



Музафаров Шавкат Ма

Профессор кафедры  
“электроснабжение и возобновляемые  
источники энергии”



+ 998 71 237 1957



+998909030779

