Методические указания по выполнению КР3

Сайт:	Интернет-институт ТулГУ	Напечатано::	Веселков Александр Валентинович
Курс:	Управление режимами работы электроэнергетических систем	Дата:	воскресенье, 13 сентября 2026, 10:23
Книга:	Методические указания по выполнению КР3		

Оглавление

Введение

Методические указания к выполнению контрольной работе заочника

1. Выбор мероприятий по обеспечению качества электроэнергии в электроэнергетической сети
2. Расчет показателей качества электроэнергии
3. Оформление контрольной работы заочника

Список рекомендованной литературы

Варианты заданий для контрольной работы

Введение

Завершающим этапом изучения дисциплины «Управление режимами работы электроэнергетических систем» является выполнение контрольной работе заочника, цель которой закрепить теоретические знания магистранта. Каждый магистрант получает от преподавателя индивидуальное задание и, в соответствии с приведенными здесь методическими указаниями, решает вопросы по одному из разделов управления режимами работы электроэнергетических систем – контролю и управлению качеством электрической энергии.

Контроль по контролю и управлению качеством электрической энергии состоит из двух разделов:

1. выбор мероприятий по контролю и управлению качеством электрической энергии;
2. расчет параметров устройства по контролю и управлению качеством электрической энергии.

Контрольная работа заочника работа включает в себя расчетнопояснительную записку и графическую часть.

Объем расчетно-пояснительной записки 15 – 20 страниц на листах формата А4.

Графическая часть контрольной работе заочника содержит схемы электросети и потребителей электроэнергии (два – три листа формата А4 в записке).

Методические указания к выполнению контрольной работе заочника

1. Выбор мероприятий по обеспечению качества электроэнергии в электроэнергетической сети
2. Расчет показателей качества электроэнергии

1. Выбор мероприятий по обеспечению качества электроэнергии в электроэнергетической сети

Контрольную работу следует начать с описания схемы электросети и потребителей электроэнергии, их технических и эксплуатационных характеристик. При этом необходимо учитывать виновников ухудшения качества электроэнергии (таблица 1), а также статистические данные, характеризующие провалы напряжения в электрических сетях (таблицы 2 – 5).

Статистические данные, характеризующие провалы напряжения в электрических сетях России напряжением 6 – 10 кВ, и аналогичные данные по электрическим сетям стран Европейского Союза, приведены ниже.

Соотношение характерных интервалов длительности и глубины провалов напряжения для крупных городских кабельных электрических сетей (в процентах к общему количеству провалов) приведено в таблицах 2 – 5.

Таблица 1 – Наиболее вероятные виновники ухудшения качества электроэнергии

Свойства электрической энергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение напряжения δU_y	Энергоснабжающая организация
Колебания напряжения	Размах изменения напряжения δU_t Доза фликера P_t	Потребитель с переменной нагрузкой
Несинусоидальность напряжения	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия трехфазной системы напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}	Потребитель с несимметричной нагрузкой
Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf	Энергоснабжающая организация
Провал напряжения	Длительность провала напряжения $\Delta t_{\text{п}}$	Энергоснабжающая организация
Импульс напряжения	Импульсное напряжение $U_{\text{имп}}$	Энергоснабжающая организация
Временное перенапряжение	Коэффициент временного перенапряжения $K_{\text{пер}U}$	Энергоснабжающая организация

Таблица 2 – Соотношение интервалов длительности провалов напряжения для крупных городских кабельных электрических сетей

Интервал длительности провалов напряжения, с	Доля интервалов данной длительности, %
3 – 6	20
6 – 15	60
15 – 21	16
21 – 30	4
3 – 30	100

Примечание – Провалы напряжения длительностью до 3 с имеют место только в электрических сетях, где устройства АВР на трансформаторной подстанции выполнены на стороне 0,38 кВ (с временем срабатывания АВР, для большинства электрических сетей равным 0,2 с), что не является типичным

Таблица 3 – Соотношение характеристик провалов напряжения для городской кабельной сети 6 – 10 кВ, имеющей во всех РП и ТП устройства автоматического включения резерва (АВР)

Глубина провала, %	Доля интервала, %, при длительности провала, с				Всего, %
	0,2	0,5 – 0,7	1,5 – 3,0	3,0 – 30	

1 – 35	–	–	18	–	18
35 – 99	38	3	8	–	49
100	26	–	–	7	33
Итого	64	3	26	7	100

Примечания

1. 45% имеют индивидуальные реакторы на отходящих кабельных линиях, на 55% установлены групповые реакторы.
2. 25% АВР выполнено на стороне 6 – 10 кВ с временем срабатывания от 3 до 30 с;
3. 75% АВР выполнено на стороне 0,38 кВ с временем срабатывания 0,2 с.
4. 80% от общего количества провалов напряжения вызваны повреждениями в электрических сетях 6-10 кВ (общая протяженность сети 30000 км); 20% – повреждениями на ЦП и в электрических сетях напряжением 35 кВ и выше (городская сеть питается от 120 ЦП).
5. В среднем каждый потребитель испытывает провалы напряжения 12 раз в год

Таблица 4 – Характеристики провалов напряжения для кабельных линий

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с						Всего, %
	0,01 – 0,1	0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 3,0	3 – 20	20 – 60	
10 – 30	33,0	20,0	4,0	0,5	0,5	–	58,0
30 – 60	4,0	15,0	2,0	–	–	–	21,0
60 – 95	3,0	9,0	0,5	1,5	–	–	14,0
100	0,5	0,5	1,0	–	–	5,0	7,0
Итого	40,5	44,5	7,5	2,0	0,5	5,0	100

Таблица 5 – Соотношение характеристик провалов напряжения для различных по структуре электрических сетей

Глубина провала, %	Доля интервала, %, при длительности провала, с																Всего			
	0,2				0,5 – 0,7				1,5 – 3,0				3,0 – 30							
	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО
1 – 35	–	–	–	–	–	–	–	–	18	14	–	–	–	–	–	–	18	14	–	–
35 – 99	38	–	–	–	3	9	45	4	8	39	20	66	–	–	–	–	49	48	65	70
100	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7	38	35	30	33	38	35	30
Итого	64	–	–	–	–	9	45	4	26	53	20	66	7	38	35	30	100	100	100	100

Примечание – МКС – Московская кабельная сеть; ЛКС – кабельная сеть Ленэнерго; ЕКС – кабельная сеть Екатеринбурга; МО – воздушно-кабельная сеть Московской области

Оценку соответствия длительностей провалов напряжения в точках общего присоединения потребителей к сети энергоснабжающей организации норме стандарта допускается проводить путем расчета по суммарной длительности выдержек времени устройств релейной защиты, автоматики и коммутационных аппаратов, установленных в соответствующих электрических сетях энергоснабжающей организации.

2. Расчет показателей качества электроэнергии

При расчете показателей качества электроэнергии при проектировании используют ниже приведенные методики и формулы.

2.1. Измерение установившегося отклонения напряжения δU_y осуществляют следующим образом.

2.1.1. Для каждого i-го наблюдения за период времени, равный 24 ч, измеряют значение напряжения, которое в электрических сетях однофазного тока определяют как действующее значение напряжения основной частоты $U_{(1)i}$ в вольтах, киловольтах, без учета высших гармонических составляющих напряжения, а в электрических сетях трехфазного тока – как действующее значение каждого междуфазного (фазного) напряжения основной частоты $U_{(1)i}$, а также как действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты $U_{1(1)i}$, вычисляемое по формуле:

$$U_{1(1)i} = \sqrt{\frac{1}{12}\left[\left(\sqrt{3}U_{AB(1)i} + \sqrt{4U^2_{BC(1)i} - \left(\frac{U^2_{BC(1)i-U^2_{CA(1)i}}}{U_{AB(1)i}+U_{AB(1)i}}\right)^2}\right)^2 + \left(\frac{U^2_{BC(1)i} - U^2_{CA(1)i}}{U_{AB(1)i}}\right)\right]}, \quad (1)$$

где $U_{AB(1)i}$, $U_{BC(1)i}$, $U_{CA(1)i}$ – действующие значения напряжений основной частоты в i-ом наблюдении, В, кВ.
Допускается:

1. определять $U_{1(1)i}$ методом симметричных составляющих;
2. определять $U_{1(1)i}$ по приближенной формуле

$$U_{1(1)i} = \frac{1}{3}\left(U_{AB(1)i} + U_{BC(1)i} + U_{CA(1)i}\right). \quad (2)$$

   При этом относительная погрешность вычисления значений $U_{1(1)i}$ с использованием формулы (2) вместо формулы (1) не превышает 0,1% при коэффициенте несимметрии напряжений по обратной последовательности, не превышающем 6%;

3. измерять в электрических сетях однофазного и трехфазного тока вместо действующих значений фазных и междуфазных напряжений основной частоты действующие значения соответствующих напряжений с учетом гармонических составляющих этих напряжений при коэффициенте искажения синусоидальности напряжения не превышающем 5%.

2.1.2. Вычисляют значение усредненного напряжения U_y в вольтах, киловольтах как результат усреднения N наблюдений напряжений $U_{(1)i}$ или $U_{1(1)i}$ за интервал времени 1 мин по формуле:

$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} U_i^2}{N}}, \quad (3)$$

где U_i – значение напряжения $U_{(1)i}$ или $U_{1(1)i}$ в i-ом наблюдении, В, кВ.
Число наблюдений за 1 мин должно быть не менее 18.

2.1.3. Вычисляют значение установившегося отклонения напряжения δU_y в процентах по формуле:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} 100, \quad (4)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное междуфазное (фазное) напряжение, В, кВ.
2.1.4. Качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения в точке общего присоединения к электрической сети считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если все измеренные за каждую минуту в течение установленного по пункту 2.1 периода времени (24 ч) значения установившегося отклонения напряжения находятся в интервале, ограниченном предельно допустимыми значениями, а не менее 95% измеренных за тот же период времени значений установившегося отклонения напряжения находятся в интервале, ограниченном нормально допустимыми значениями.

Дополнительно допускается определять соответствие нормам стандарта по суммарной продолжительности времени выхода измеренных значений данного показателя за нормально и предельно допустимые пределы.

При этом качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допустимые значения – 0% от этого периода времени.

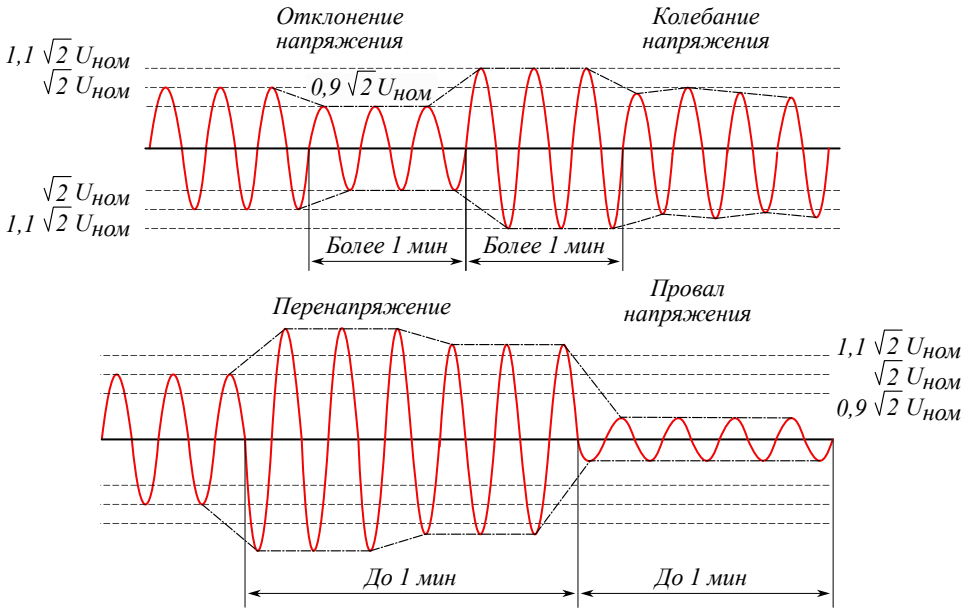


Рисунок 1 – Отклонение напряжения, колебание напряжения, провал напряжения, перенапряжение

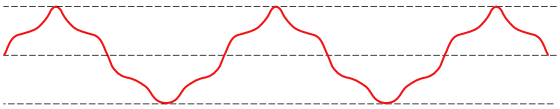


Рисунок А.2 - Несинусоидальность напряжения

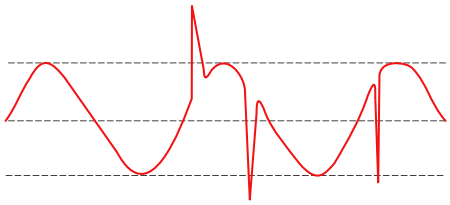


Рисунок А.3 - Импульсы напряжения

Рисунок 2 – несинусоидальность напряжения, импульсы напряжения

2.2. Колебания напряжения

2.2.1. Размах изменения напряжения δU_t в процентах (в соответствии с рисунком 1) вычисляют по формуле:

$$\delta U_t = \frac{|U_i - U_{i+1}|}{U_{\text{ном}}} \cdot 100, \qquad (5)$$

где U_i, U_{i+1} – значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей среднеквадратичных значений напряжения основной частоты, определенных на каждом полупериоде основной частоты, В.

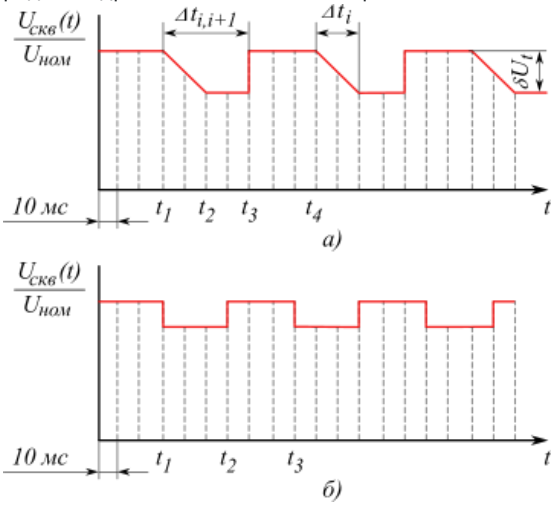


Рисунок 3 – Колебания напряжения произвольной формы (а) и имеющие форму меандра (б)

Допускается при коэффициенте искажения синусоидальности напряжения, не превышающем 5%, определять размах изменения напряжения δU_t в процентах по формуле:

$$\delta U_t = \frac{|U_{ai} - U_{ai+1}|}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}} \cdot 100, \qquad (6)$$

где U_{ai}, U_{ai+1} – значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей амплитудных значений напряжения на каждом полупериоде основной частоты, В, кВ.

2.2.2. Частоту повторения изменений напряжения $F_{\delta Ut}$, с$^{-1}$, мин$^{-1}$, при периодических колебаниях напряжения вычисляют по формуле:

$$F_{\delta Ut} = \frac{m}{t}, \tag{7}$$

где m – число изменений напряжения за время T;

T – интервал времени измерения, принимаемый равным 10 мин.

Примечание – Значение частоты повторения изменений напряжения, равное двум изменениям напряжения в секунду, соответствует 1 Гц.

2.2.3. Интервал времени между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ в секундах или минутах (в соответствии с рисунком 1) вычисляют по формуле:

$$\Delta t_{i,\,i+1} = t_{i+1} - t_i, \tag{8}$$

где t_i, t_{i+1} – начальные моменты следующий один за другим изменений напряжения, с, мин.

Если интервал времени между окончанием одного изменения и началом следующего, происходящего в том же направлении, менее 30 мс, то эти изменения рассматривают как одно.

2.2.4. Качество электрической энергии в точке общего присоединения при периодических колебаниях напряжения, имеющих форму меандра, считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если измеренное значение размаха изменений напряжения не превышает значений, определяемых по кривым рисунка 1 для соответствующей частоты повторения изменений напряжения $F_{\delta Ut}$ или интервала между изменениями напряжения $\Delta t_{i,\,i+1}$.

Определение соответствия качества электрической энергии требованиям настоящего стандарта для периодических и непериодических колебаний напряжения, имеющих форму, отличную от меандра, осуществляют в соответствии с приложением.

2.3. Дозу фликера (кратковременную и длительную) при колебаниях напряжения любой формы определяют следующим образом.

2.3.1. Измеряют с помощью фликерметра за интервал времени T_{sh}, равный 10 мин, уровни фликера P, (%)^2, соответствующие интегральной вероятности, равной 0,1; 0,7; 1,0; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 17,0; 30,0; 50,0; 80,0%.

2.3.2. Определяют с помощью фликерметра или вычисляют сглаженные уровни фликера P_s, (%)^2, по формулам:

$$\left.\begin{aligned} P_{1s} &= \frac{P_{0,7} + P_{1,0} + P_{1,5}}{3} \\ P_{3s} &= \frac{P_{2,2} + P_{3,0} + P_{4,0}}{3} \\ P_{10s} &= \frac{P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17}}{3} \\ P_{50s} &= \frac{P_{30} + P_{50} + P_{80}}{3} \end{aligned}\right\}, \tag{9}$$

где P_{1s}, P_{3s}, P_{10s}, P_{50s} – сглаженные уровни фликера при интегральной вероятности, равной 1,0; 3,0; 10,0; 50,0 соответственно.

2.3.3. Определяют с помощью фликерметра или вычисляют кратковременную дозу фликера P_{St}, отн. ед., на интервале времени T_{sh} по формуле:

$$P_{St} = \sqrt{0{,}0341P_{0,1} + 0{,}0525P_{1s} + 0{,}0657_{3s} + 0{,}28_{10s} + 0{,}08_{50s}}. \tag{10}$$

Кратковременная доза фликера при периодических колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, может быть определена путем расчета.

2.3.4. Определяют с помощью фликерметра или вычисляют длительную дозу фликера P_{Lt}, отн. ед., на интервале времени T_L, равном 2 ч, по формуле:

$$P_{Lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12}\sum_{k=1}^{12}(P_{stk})^3}, \tag{11}$$

где P_{stk} – кратковременная доза фликера на k-ом интервале времени T_{sh} в течение длительного периода наблюдения T_L.

2.4. Качество электрической энергии по дозе фликера считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если каждая кратковременная и длительная дозы фликера, определенные путем измерения в течение 24 ч или расчета по приложению, не превышают предельно допустимых значений.

2.5. Несинусоидальность напряжения

2.5.1. Измерение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{(n)i}$ осуществляют для междуфазных (фазных) напряжений.

2.5.2. Для каждого i-го наблюдения за период времени, равный 24 ч, определяют действующее значение напряжения n-ой гармоники $U_{(n)i}$ в вольтах, киловольтах.

2.5.3. Вычисляют значение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)i}$ в процентах как результат i-го наблюдения по формуле:

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{1(i)}} 100. \quad (12)$$

где $U_{(1)i}$ – действующее значение напряжения основной частоты на i-ом наблюдении в вольтах, киловольтах.
Допускается вычислять данный показатель КЭ по формуле:

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{\text{ном}}} 100. \quad (13)$$

2.6. Измерение коэффициента временного перенапряжения $K_{\text{пер}U}$ в относительных единицах (рисунок 4) осуществляют следующим образом:

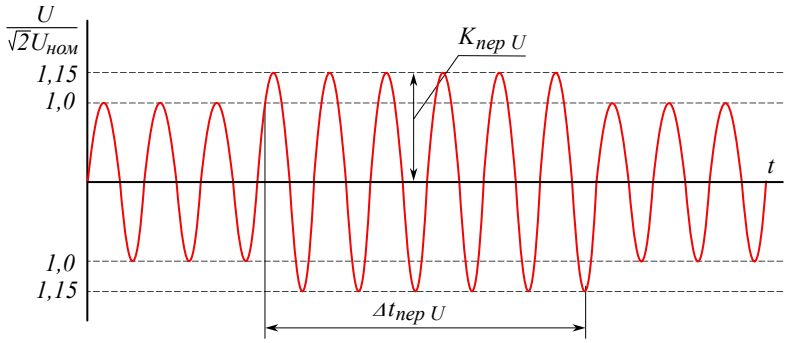


Рисунок 4 – Временное перенапряжение

2.6.1. Измеряют амплитудные значения напряжения $U_{\text{а}}$ в вольтах, киловольтах на каждом полупериоде основной частоты при резком (длительность фронта до 5 мс) превышении уровня напряжения, равного $1{,}1U_{\text{ном}}$.

2.6.2. Определяют максимальное из измеренных амплитудных значений напряжения $U_{a\,max}$.

С целью исключения влияния коммутационного импульса на значение коэффициента временного перенапряжения определение $U_{a\,max}$ осуществляют через 0,04 с от момента превышения напряжением уровня, равного $1,1U_{\text{ном}}$.

2.6.3. Фиксируют момент времени $t_{\text{н пер}}$ превышения действующим значением напряжения уровня, равного $1,1U_{\text{ном}}$, и момент времени $t_{\text{к пер}}$ спада напряжения до уровня $1,1U_{\text{ном}}$.

2.6.4. Вычисляют $\Delta t_{\text{к пер}}$ в секундах по формуле:

$$\Delta t_{\text{пер}}U = t_{\text{к пер}} - t_{\text{н пер}}. \quad (14)$$

3. Оформление контрольной работы заочника

Расчетно-пояснительная записка должна быть напечатана на бумаге формата А4 (297х210 мм), должна быть оформлена с применением ЭВМ. Сложные рисунки допускается рисовать черными чернилами или тушью и далее сканировать.

Записка должна быть изложена логично, кратко, техническим языком и удовлетворять всем требованиям правописания. Не допускается произвольное сокращение слов. Расчетно-графическая работа с грамматическими ошибками к защите не допускается.

Оформление записки должно быть по ГОСТ 2.105-95 .

Все расчеты в пояснительной записке приводят так: дают расчетную формулу с пояснениями входящих в нее величин, затем подставляют их численные значения и получают результат. При необходимости расчет должен быть проиллюстрирован эскизом.

Расчеты должны быть выполнены в Международной системе единиц (СИ). При использовании номограмм, графиков и эмпирических формул, которые основаны на внесистемных единицах, окончательные результаты должны быть переведены в систему СИ.

Необходимо давать ссылки на используемую литературу при описании схем и использовании расчетных формул. Ссылки даются в квадратных скобках, где проставляются порядковый номер данного источника и страницы, например: [6, с. 138] .

Список рекомендованной литературы

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: учеб. пособие.- 5-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2004.- 752 с.
2. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 2013-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2012.- 31 с.
3. Электрические системы и сети: учебное пособие / А.В.Лыкин. – М.: Логос, 2007. – 254 с.
4. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии / Ю.С.Железко – М.: Энергоатомиздат, 1985.- 224 с.
5. Правила устройства электроустановок.- 6-е и 7-е изд. с изм. и доп.- Новосибирск: Сибирское университет. изд-во, 2007.- 854 с
6. Центр электромагнитной безопасности [интернет ресурс]. - режим доступа - http://www.tesla.ru - Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ.

Варианты заданий для контрольной работы

При расчетах КРЗ формулами (1, 6, 11, 13) не пользуемся

Вариант 1

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	384	388	382	386	382	392	390	384	384	378
$U_{BC(1)i}$	383	384	386	390	388	382	382	386	392	382
$U_{CA(1)i}$	382	386	384	388	382	378	383	382	388	392
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,88	0,85	0,75	0,74	0,72	0,68	0,66	0,63	0,58	0,56	0,55	0,54	0,52
$U_{(n)i}$	18,4	18,8	18,2	17,8	18,3	18,3	18,4	18,6	19	18,8				

Вариант 2

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	378	383	382	388	392	382	382	386	392	382
$U_{BC(1)i}$	384	388	388	382	386	378	382	382	386	392
$U_{CA(1)i}$	383	384	384	386	390	388	382	383	382	388
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,87	0,86	0,76	0,75	0,73	0,69	0,67	0,64	0,59	0,56	0,55	0,54	0,53
$U_{(n)i}$	18,7	18,8	18,5	17,4	18,2	18,5	18,8	18,6	19,2	18,8				

Вариант 3

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	386	378	382	382	382	386	392	382	392	382
$U_{BC(1)i}$	384	388	382	386	392	382	382	386	392	382
$U_{CA(1)i}$	390	388	382	383	388	382	383	384	388	382
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,88	0,85	0,75	0,75	0,73	0,67	0,65	0,64	0,59	0,55	0,55	0,53	0,52
$U_{(n)i}$	18,8	18,6	18,4	17,6	18,4	18,3	18,6	18,1	19,5	18,5				

Вариант 4

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	382	392	382	382	388	382	386	382	386	392
$U_{BC(1)i}$	386	392	382	386	388	382	383	392	382	382
$U_{CA(1)i}$	384	388	382	383	388	382	383	388	382	383
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,88	0,85	0,75	0,75	0,73	0,67	0,65	0,64	0,59	0,55	0,55	0,53	0,52
$U_{(n)i}$	18,9	18,7	18,5	17,7	18,5	18,4	18,8	18,2	19,6	18,3				

Вариант 5

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	376	383	385	380	386	385	382	383	382	375
$U_{BC(1)i}$	382	378	382	384	382	380	381	378	380	382
$U_{CA(1)i}$	386	382	384	385	375	383	378	380	377	382
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,83	0,81	0,76	0,74	0,73	0,68	0,66	0,645	0,61	0,54	0,56	0,52	0,51
$U_{(n)i}$	18,6	18,5	18,3	17,5	18,2	18,6	18,4	18,1	19,4	18,2				

Вариант 6

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	382	381	378	380	386	385	384	385	375	376
$U_{BC(1)i}$	381	384	382	384	382	382	378	382	380	382
$U_{CA(1)i}$	386	382	376	383	385	383	379	380	377	383
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,85	0,82	0,77	0,75	0,74	0,7	0,68	0,66	0,64	0,58	0,55	0,54	0,53
$U_{(n)i}$	18,8	18,7	18,5	17,8	18,5	18,4	18,3	18,2	19,5	18,3				

Вариант 7

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	388	382	376	385	387	383	387	385	374	376
$U_{BC(1)i}$	381	386	385	383	382	384	376	383	386	384
$U_{CA(1)i}$	384	383	378	384	385	389	379	376	377	383
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,86	0,86	0,78	0,76	0,75	0,72	0,7	0,68	0,67	0,59	0,56	0,54	0,51
$U_{(n)i}$	18,6	18,4	18,3	17,6	18,4	18,2	18,1	18	19,3	18,1				

Вариант 8

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	382	383	380	382	382	378	381	381	382	382
$U_{BC(1)i}$	385	385	383	384	383	382	384	386	383	385
$U_{CA(1)i}$	379	382	376	375	378	377	380	376	380	378
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									
t	10									

	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,88	0,85	0,8	0,79	0,78	0,76	0,75	0,72	0,7	0,68	0,64	0,58	0,53
$U_{(n)i}$	19,2	18,8	18,6	18,4	18,42	18,1	18	17,8	17,5	17,3				

Вариант 9

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{AB(1)i}$	383	383	376	382	386	383	386	385	375	376
$U_{BC(1)i}$	382	381	382	383	382	384	378	381	382	384
$U_{CA(1)i}$	381	384	378	385	383	386	379	377	374	383
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10									

t	10												
	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,89	0,87	0,82	0,81	0,8	0,78	0,76	0,74	0,72	0,7	0,68	0,66	0,64
$U_{(n)i}$	19,4	19,2	18,8	18,6	18,6	18,3	18,2	18	17,8	17,6				

Вариант 10

Показатель	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
$U_{AB(1)i}$	381	384	381	385	383	375	375	382	384	378
$U_{BC(1)i}$	383	386	382	377	381	382	384	381	383	381
$U_{CA(1)i}$	385	383	383	379	379	377	383	383	381	377
t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	10										
t	10										
	$P_{0,1}$	$P_{0,7}$	$P_{1,0}$	$P_{1,5}$	$P_{2,2}$	$P_{3,0}$	$P_{14,0}$	P_6	P_{10}	P_{13}	P_{17}	P_{30}	P_{50}	P_{80}
	0,9	0,88	0,85	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,72	0,72	0,71	0,69	0,65	0,64
$U_{(n)i}$	19,6	19,4	18,9	18,7	18,5	18,3	18,1	18	17,9	17,7				