

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт приборостроения и электротехнических систем
Кафедра электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



Тарасенко О.В.

«11» марта 2025 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Качество электроэнергии»

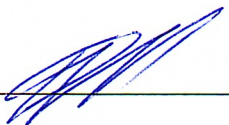
По направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем
электроснабжения»

Разработчик:
доцент кафедры электроэнергетики

 Парсентьев О.С.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры электроэнергетики
от «11» марта 2025 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

 Половинка Д.В.

Луганск – 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Качество электроэнергии»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выберите один правильный ответ.

1. По какой формуле определяется доза фликера, связанная с мощностью колебаний?

А) $P_t = \frac{k}{\theta} \int_{t-\theta}^t S \cdot M(f, t) \cdot df$;

Б) $P_t = \frac{k}{\theta} \int_{t-\theta}^t S \cdot \cos^2(f, t) \cdot df$;

В) $P_t = \frac{k}{\theta} \int_{t-\theta}^t dt \int_0^{35} g^2(f) \cdot G(f, t) \cdot df$;

Г) $P_t = k_T S_{\text{охл}} (v - v_0)$;

Д) правильный вариант отсутствует.

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

2. Укажите, ГОСТ 32144-2013 устанавливает нормы для какого из представленных ниже показателей качества электроэнергии?

А) предельно-допустимая рекуперация энергии в электросеть;

Б) несинусоидальность генерации электрической энергии;

В) дефицит мощности и электроэнергии;

Г) биение частоты;

Д) провал напряжения.

Правильный ответ: Д

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

3. Чем вызвано ощущение неустойчивости зрительного восприятия, вызванного световым источником, изменяющимся во времени?

А) перенапряжением;

Б) аккомодацией;

В) фликером;

Г) прерыванием напряжения;

Д) несинусоидальностью магнитной индукции и потока.

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

Выберите все правильные варианты ответов

4. Причиной возникновения высших гармоник в электрической сети является:

- А) нелинейность нагрузки;
- Б) провал напряжения;
- В) активно-емкостная нагрузка;
- Г) четные группы соединения обмоток трансформатора;
- Д) соединение обмоток трансформатора по схеме звезда-звезда;
- Е) правильный вариант отсутствует.

Правильный ответ: А, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

5. Из каких основных элементов состоит компенсирующее устройство?

- А) базовый делитель напряжения;
- Б) коммутатор включения/переключения емкостных элементов;
- В) аттенюатор;
- Г) емкостной конденсатор;
- Д) максимально-токовая защита;
- Е) правильный вариант отсутствует.

Правильный ответ: Б, Г, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Установите нормально допустимые значения коэффициентов несинусоидальности напряжения для следующих классов напряжения:

Напряжение $U_{\text{ном}}$, кВ	Нормально допустимое значение (%)
1) 0,38	А) Не установлен для данного класса напряжения
2) 6-20	Б) 2,0
3) 35	В) 5,0
4) 110-330	Г) 4,0
5) Постоянного тока 800	Д) 8,0

Правильные ответы:

1	2	3	4	5
Д	В	Г	Б	А

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

2. Установите предельно допустимые значения коэффициентов несинусоидальности напряжения для следующих классов напряжения:

Напряжение $U_{\text{ном}}$, кВ	Предельно допустимое значение (%)
1) 0,38	А) 3,0

- | | |
|------------|--|
| 2) 6-20 | Б) 6,0 |
| 3) 35 | В) 8,0 |
| 4) 110-330 | Г) Не установлен для данного класса напряжения |
| 5) 1150 кВ | Д) 12,0 |

Правильный ответ:

1	2	3	4	5
Д	В	Б	А	Г

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

3. Установите правильно соответствие видов нагрузки выражениям для определения сопротивлений обратной последовательности элементов СЭС.

Вид нагрузки	Выражения для расчета сопротивлений обратной последовательности
1) Батареи конденсаторов	А) $X_{2CD} = (U_{\max}^2 \cdot x_{2*}) / S_{\text{ном}}$;
2) Выпрямители	Б) $Z_{2П} = (U_{\text{ном}}^2) / S_{\text{ном}}$;
3) Дуго-сталеплавильные печи и руднотермические печи	В) $Z_{ВП} = 2U_{\text{ном}}^2 / S_{\text{ном}}$;
4) Нагрузки осветительные	Г) $r_{2Н} = 4U_{\text{ном}}^2 / P_{\text{ном}}$;
5) Синхронный двигатель	Д) $X_{2ВК} = U_{\text{ном}}^2 / Q_{ВК}$.

Правильные ответы:

1	2	3	4	5
Д	В	Б	Г	А

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

4. Установите правильно соответствие видов нагрузки выражениям для определения сопротивлений обратной последовательности элементов СЭС.

Вид нагрузки	Выражения для расчета сопротивлений обратной последовательности
1) Асинхронный двигатель	А) $X_2 = U_{\text{ном}}^2 x_{2*} / S_{\text{ном}}$;
2) Трехобмоточные трансформаторы с расщепленными обмотками, сдвоенные реакторы для каждой обмотки	Б) $X_2 = U_{\text{ном}}^2 x_{k*} / S_{\text{ном}}$;
3) Двухобмоточные трансформаторы и реакторы	В) $X_{2Т} = U_{\text{ном}}^2 e_{k*} / S_{\text{ном}}$;
4) Питающая ЭЭС	Г) $X_{2П} = U_{\text{ном}}^2 x_* / S_{\text{ном}}$;
5) Синхронный двигатель	Д) $X_{2С} = U_{\text{ном}}^2 / S_k$.

Правильные ответы:

1	2	3	4	5
Б	Г	В	Д	А

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Установите правильный порядок обработки регистрограмм отклонения напряжения (ОН).

А) определяют границы и середину интервалов группирования, затем подсчитывают суммарное число ОН в одном интервале;

Б) определяют вероятность попадания ОН в каждый интервал и строят гистограмму отклонений напряжения; определяют математическое ожидание и стандарт ОН;

В) определяют напряжение на границах каждого интервала; подсчитывают отклонения δU_y , %;

Г) выбирают число интервалов группирования таким образом, чтобы в большинство интервалов попало более четырех-пяти измерений;

Д) разбивают регистрограммы на интервалы равной ширины. Число интервалов (на каждый час регистрации) рекомендуется принимать при построении гистограмм в характерных режимах суточной нагрузки равным 24 (при скорости движения ленты 60 мм/ч) и 60 (при скорости 180 мм/ч).

Правильный ответ: Д, В, Г, А, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

2. Установите правильную последовательность расчета коэффициента v -й гармонической составляющей напряжения.

А) Расчет действующего значения v -й гармоники:

$$U_v = \sqrt{\frac{U_{vx}^2 + U_{vy}^2}{2}}.$$

Б) Расчет коэффициента v -й гармоники:

$$K_{u(v)} = \frac{U_v}{U_1} \cdot 100\%.$$

В) Расчет квадратурных составляющих v -й гармоники:

$$U_{vx} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} u(t_i) \sin \omega t_i;$$

$$U_{vy} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} u(t_i) \cos \omega t_i.$$

Г) Расчет квадратурных составляющих первой гармоники:

$$U_x = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} u(t_i) \sin \omega t_i;$$

$$U_y = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} u(t_i) \cos \omega t_i.$$

Д) Расчет действующих значений первой гармоники:

$$U_1 = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2}{2}}.$$

Правильный ответ: В, А, Г, Д, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

3. Установите правильную последовательность расчета при определении несимметрии напряжения:

А) Искомое значение коэффициента обратной последовательности:

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_{\text{ном}}}.$$

Б) Напряжение обратной последовательности определяется:

$$U_2 = \frac{(U_x^2 + U_y^2)^{0,5}}{\sqrt{2}}.$$

В) Квадратурные составляющие напряжения обратной последовательности рассчитываются по формуле:

$$U_{2y} = \frac{1}{3} (U_{Ax} + U_{By} + U_{Cz}).$$

Г) Квадратурные составляющие напряжений фаз А, В, С определяются по формулам:

$$U_{Ax} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} U_A(t_i) \sin \omega t_i;$$

$$U_{Ay} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} U_A(t_i) \cos \omega t_i ;$$

$$U_{Bx} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} U_B(t_i) \sin(\omega t_i + 120^\circ);$$

$$U_{By} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} U_B(t_i) \cos(\omega t_i + 120^\circ);$$

$$U_{Cx} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} U_c(t_i) \sin(\omega t_i - 120^\circ);$$

$$U_{Cy} = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} U_c(t_i) \cos(\omega t_i - 120^\circ).$$

Правильный ответ: Г, В, Б, А.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. Сторона, получающая электрическую энергию от электрической сети, либо передающая электрическую энергию в электрическую сеть, называется _____.

Правильный ответ: пользователем электрической энергии.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

2. Совокупность электроустановок и электрических устройств, предназначенных для обеспечения электрической энергией различных потребителей электрических сетей, называется _____.

Правильный ответ: системой электроснабжения общего назначения.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

3. Организация, владеющая на праве собственности или на ином установленном законами основании объектами электросетевого хозяйства, с использованием которых оказывающая услуги по передаче электрической энергии и осуществляющая в установленном порядке технологическое присоединение энергопринимающих устройств юридических и физических лиц к электрическим сетям, а также осуществляющая право заключения договоров об оказании услуг по передаче электрической энергии с использованием объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих другим собственникам и иным законным владельцам и не входящих в единую национальную электрическую сеть, называется _____.

Правильный ответ: сетевой организацией.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

4. Точка электрической сети, находящаяся на линии раздела объектов электроэнергетики между владельцами по признаку собственности или владения на ином предусмотренном законами основании, определенная в процессе технологического присоединения, называется _____.

Правильный ответ: точкой передачи электрической энергии.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

5. Электрически ближайшая к конкретной нагрузке пользователя сети точка, к которой присоединены нагрузки других пользователей сети, называется _____.

Правильный ответ: точкой общего присоединения.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

6. Частота повторения колебаний основной гармоники напряжения электропитания, измеряемая в течение установленного интервала времени, называется _____.

Правильный ответ: частотой напряжения электропитания.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

7. Среднеквадратическое значение синусоидального напряжения, частота которого не является кратной основной частоте напряжения электропитания, называется _____.

Правильный ответ: напряжением интергармонической составляющей.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.1)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Рассчитайте номинальную мощность конденсаторной батареи Q_k , для повышения коэффициента мощности до значения 0,95 на предприятии с трехменным равномерным графиком нагрузки. Среднесуточный расход электроэнергии составляет $W_a = 9200$ кВтч; $W_p = 7400$ кВАрч.

Конденсаторы установлены на напряжение 380 В. Значение $\text{tg}\varphi_1$ до компенсации составляет 0,8, а после компенсации $\text{tg}\varphi_2 = 0,3$. Среднесуточная нагрузка составляет 384 кВт.

Правильный ответ: $Q_k = P (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2) = 384 (0,8 - 0,33) = 181$ кВАр. / $Q_k = 181$ кВАр.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.2)

2. Многофункциональный электросчетчик SL-7000, внесенный в интеллектуальную систему коммерческого учета электрической энергии с передаточным числом 1 кВт·ч=2500 оборотов диска, подключен к последней через коммутатор, трансформаторы тока с $K_I = 300/5$ и трансформаторы напряжения с $K_U = 6000/100$. Диск электросчетчика сделал 150 оборотов за 60 с. Определить активную мощность нагрузки присоединения.

Правильный ответ: $P = \frac{K_U \cdot K_I \cdot 3600 \cdot t}{n \cdot z \cdot t} = \frac{6000 \cdot 300 \cdot 3600 \cdot 150}{100 \cdot 5 \cdot 2500 \cdot 60} = 12960$ кВт. /

$P = 12960$ кВт.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.2)

3. Активная мощность, потребляемая асинхронным двигателем серии 4А, составляет $P_1 = 300$ кВт. Действующий коэффициент мощности в электросети составляет $\cos\varphi = 0,7$. После предписания Роскомнадзора желаемый требуемый коэффициент мощности электросети, куда подключен асинхронный двигатель следует довести до значения $\cos\varphi = 0,98$. Определить мощность конденсаторной установки типа КРМ– 0,4 при коэффициенте компенсации $k_k = 0,95$.

Правильный ответ: $Q_k = k_k \cdot P_1 = 0,95 \cdot 315 = 299,25 \approx 300$ кВАр. / $Q_k = 300$ кВАр.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.2)

4. Определить дополнительные потери мощности, обусловленные пятой гармоникой тока $n=5$ в асинхронном двигателе серии 4А общепромышленного назначения номинальной мощностью $P_1 = 800$ кВт, питающегося от электрической сети 0,4 кВ. Электрические потери в меди статорной обмотки

двигателя составляют $\Delta P_{\Sigma 1} = 7500$ Вт. Кратность пускового тока асинхронного двигателя составляет $K_I = 7,5$. Коэффициент несинусоидальности напряжения в питающей электросети составляет $K_U = 15\%$.

Правильный ответ:

$$\Delta P_{\text{доп. (ВГ)}} = 2 \cdot \Delta P_{\Sigma 1} \cdot K_I^2 \cdot \sum \left(k_{U(n)}^2 \frac{1}{n\sqrt{n}} \right) = 2 \cdot 7500 \cdot (7,5)^2 \cdot \left(\left(\frac{15}{100} \right)^2 \cdot \frac{1}{5\sqrt{5}} \right) =$$

$$= 1698,0 \text{ Вт.} / 1698,0 \text{ Вт.}$$

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.2)

5. Прибор контроля показателей качества электрической энергии ППКЭ- 1-50. М, выявил несинусоидальность напряжения превышающую допустимое значение по ГОСТ в вентильном преобразователе мощностью $S_{\text{пр}} = 10$ МВА, работающем с коэффициентом мощности $\cos \varphi = 0,8$. Индуктивное сопротивление преобразователя $x_{\text{пр}} = 0,066$ Ом, индуктивное сопротивление системы току трехфазного короткого замыкания $x_c = 0,067$ Ом. Определить величину коэффициента несинусоидальности напряжения, который показал данный прибор.

Правильный ответ:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

$$K_U = 100 \cdot x_c \cdot \sqrt{\frac{0,955 \cdot \sin \varphi}{x_c + x_{\text{пр}}}} - 0,91 = 100 \cdot 0,067 \cdot \sqrt{\frac{0,955 \cdot 0,6}{0,067 + 0,066}} - 0,91 = 12\% / 12 \%$$

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.2)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Определить максимальные значения дозы влияния фликера большой длительности, вызываемого компенсированной дуго-сталеплавильной печью (ДСП) с номинальной мощностью печного трансформатора $S_{\text{печи}} = 60$ МВА и мощностью трехфазного короткого замыкания электросети 2000 МВА для диапазона изменения напряжения 48 – 85.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

1. По рис.1.1. для компенсированной ДСП при заданном диапазоне находим усредненное значение коэффициента приведения $F_{\text{пр}} = 0,66$.

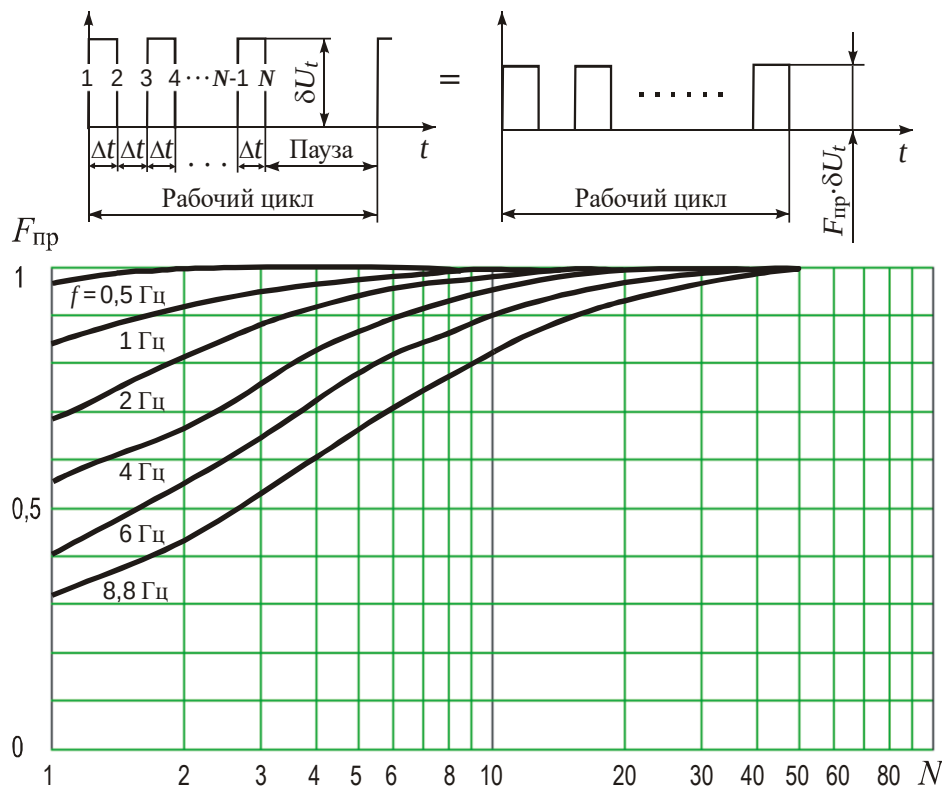


Рис.1.1. Значение коэффициента $F_{пр}$ для КН в виде серий импульсов в зависимости от числа изменений напряжения N

2. Мощность эксплуатационного короткого замыкания ДСП, при полностью опущенных электродах определяется по формуле:

$$S_{нт} = F_{ПР} \cdot S_{ПЕЧИ} = 0,66 \cdot 60 = 40 \text{ МВА.}$$

3. Доза фликера большой длительности, вызываемой компенсированной ДСП, определяется по формуле:

$$P_{St} = \frac{k_{Lt} \cdot S_{нт}}{S_k},$$

где, S_k – мощность короткого замыкания электросети в точке общего подсоединения, выбирается по минимальному значению, которое могло бы иметь место в течение длительных промежутков времени в году, МВА;

После подстановки, искомые максимальные значения дозы фликера определяются следующим образом:

$$P_{Lt} = \frac{k_{Lt} \cdot S_{нт}}{S_k} = \frac{48 \cdot 40}{2000} = 0,96;$$

$$P_{Lt} = \frac{k_{Lt} \cdot S_{нт}}{S_k} = \frac{85 \cdot 40}{2000} = 1,70.$$

Ответ: для диапазона изменения напряжения 48 максимальные значения дозы фликера равны 0,96, а для диапазона изменения напряжения 85 дозы фликера равна 1,70.

Критерии оценивания:

– задание считается выполненным, если приведена формула дозы фликера большой длительности.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.3)

2. Выбрать фильтро-компенсирующее устройство (далее – ФКУ) для подстанции ПС 110/10 кВ «ЦРП-1», питающей электролизное производство.

Исходные данные: полная мощность трехфазного короткого замыкания $S_{кз} = 185$ МВА; полная мощность 12-пульсного преобразователя $U_Z S_{uz} = 15$ МВА; $U_{ном} = 10,5$ кВ; оптимальное значение реактивной мощности $Q_o = 3,10$ МВАр; коэффициенты гармонической составляющей для:

1) 11-й гармоники $K_{U(11)} = 5,8$ %;

2) 13-й гармоники $K_{U(13)} = 4,3$ %.

Номинальное напряжение батареи статических конденсаторов (БСК)
 $U_{ном БСК} = 6,6$ кВ. Коэффициент нелинейности нагрузки $k_p = 1,42 \cdot 10^{-2}$.

Время выполнения – 60 мин.

Ожидаемый результат:

1. Изобразить однолинейную электрическую схему комбинированного фильтра высших гармоник, представленную на рис. 2.1.

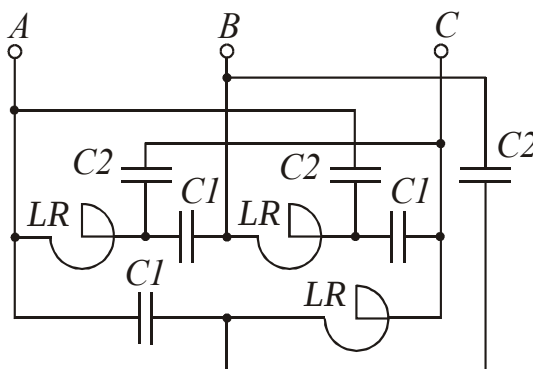


Рис. 2.1. Однолинейная электрическая схема комбинированного фильтра высших гармоник

2. Определить токи высших гармоник преобразователя по формуле:

$$I_n^{ВГ} = \frac{S_{UZ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n},$$

1) 11-й гармоники:

$$I_{11} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 11} = 75,0 \text{ А};$$

2) 13-й гармоники:

$$I_{13} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 13} = 63,0 \text{ А};$$

3. Принимаем к установке одно ФКУ, настроенное на частоту 11-й гармоники. Мощность БСК принимается равной оптимальному значению реактивной мощности: $Q_p = 3,1$ МВАр.

4. Находим долю тока 13-й гармоники, протекающего через ФКУ:

$$\sigma_{13} = \frac{1}{\left(\left(\frac{1}{1,42 \cdot 10^{-2} \cdot 11^2} \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{11}{13} \right)^2 \right) \right) + 1} = 0,88.$$

5. Ток ВГ в цепи БСК:

$$I_{\Sigma} = \sqrt{75^2 + (63 \cdot 0,88)^2} = 93 \text{ A.}$$

6. Минимальная мощность БСК ФКУ на три фазы:

$$Q_p = 3 \cdot 1,2 \cdot 93 \cdot 6,6 = 2210 \text{ кВАр} < 3000 \text{ кВАр},$$

что подтверждает допустимость установленной мощности БСК.

Таким образом, вариант установки ФКУ 11-й гармоники является предпочтительным.

Ответ: после проведенных расчетов возможна установка ФКУ, настроенного на частоту 13-й гармоники, но предпочтительней установка ФКУ 11-й гармоники.

Критерии оценивания:

– задание считается выполненным, если изображена однолинейная электрическая схема комбинированного фильтра высших гармоник.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.3)

3. Определить дозу фликера на ПС 220/110 кВ «Кирова» на I секции шин ЗРУ – 10 кВ в точке 1 после модернизации последней (рис. 3.1) и переноса резкопеременных токоприемников на II секцию шин 10 кВ в точку 2 этой же подстанции. Значения доз фликера на шинах подстанции $P_{St1} = 3,78$, $P_{St2} = 5,25$. Мощности трехфазного короткого замыкания на шинах ЗРУ – 10 кВ и ОРУ– 220 кВ составляют: $S_{к1} = 250 \text{ МВА}$, $S_{к2} = 380 \text{ МВА}$ и $S_{к3} = 4000 \text{ МВА}$. Среднеквадратичные значения полной мощности нагрузки подстанций $S_{н1} = 15 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $S_{н2} = 38 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Доля резкопеременной нагрузки подстанции 1 составляет 60 %. В расчетах принять, что доза фликера пропорциональна значению среднеквадратичной мощности источника КН.

Время выполнения – 60 мин.

1. Составить однолинейную расчетную схему замещения ПС 220/110 кВ «ГПП», которая представлена на рис. 3.2.

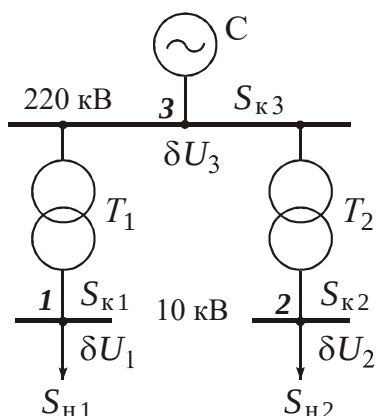


Рис. 3.1. Однолинейная электрическая схема ПС 220/110 кВ «ГПП» для расчета колебаний напряжения

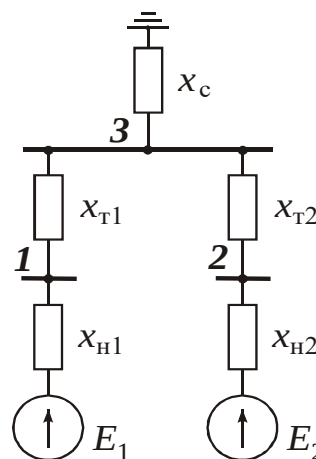


Рис. 3.2. Расчетная электрическая схема замещения ПС 220/110 кВ «ГПП»

2. Для электросети на рис. 3.1 и 3.2 следует рассматривать дозу фликера как источники напряжения соответственно по 1-й и 2-й секциям шин P_{St1} и P_{St2} .

3. Искомая доза фликера в точке 1 после подключения резкопеременной нагрузки на II секцию шин 10 кВ ПС 220/110 кВ «ГПП» определяется по формуле:

$$P_{St}'' = \frac{\sqrt{S_{H2}^2 + (0,6S_{H1})^2}}{S_{H2}} \frac{S_{K2}}{S_{K3}} \left(P_{St2} - \frac{S_{K1}}{S_{K3}} P_{St1} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{38^2 + (0,6 \cdot 15)^2}}{38} \frac{380}{4000} \left(5,25 - \frac{250}{4000} \cdot 3,78 \right) = 0,49.$$

Таким образом, схемное решение, заключающееся в переносе резкопеременной нагрузки на II секцию шин 10 кВ ЗРУ-10 кВ ПС 220/110 кВ «ГПП», позволяет снизить уровень колебаний напряжения на I секции шин 10 кВ этой подстанции, где подключена спокойная нагрузка, до допустимого значения.

Ответ: 0,49

Критерии оценивания:

– задание считается выполненным, если составлена однолинейная расчетная схема замещения ПС 220/110 кВ «ГПП».

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.3)

4. Силовые нагрузки цеха штампов и пресс-форм ПАО «Лугансктепловоз» индуцируют в питающей распределительной электрической сети 6 кВ вызывают ступенчатое повторяющееся изменение напряжения $\delta U_t = 1\%$ ($d = 1$), имеющее частоту повторения $r = 3 \text{ мин}^{-1}$. Определить колебания напряжения при коэффициенте эквивалентности $F_{np} = 1$ и коэффициенте зависящем от частоты повторения $R \approx 1$.

Время выполнения – 60 мин.

Ожидаемый результат:

1. Так как в данном случае имеют место повторяющиеся возмущения, то следует применить аналитический метод определения колебаний напряжения с использованием формулы:

$$P_{St} = 0,365 \cdot d \cdot F_{np} \cdot r^{0,31} R$$

2. Используя кривую, представленную на рис. 4.1, определить соответствующее ступенчатое изменение напряжения.

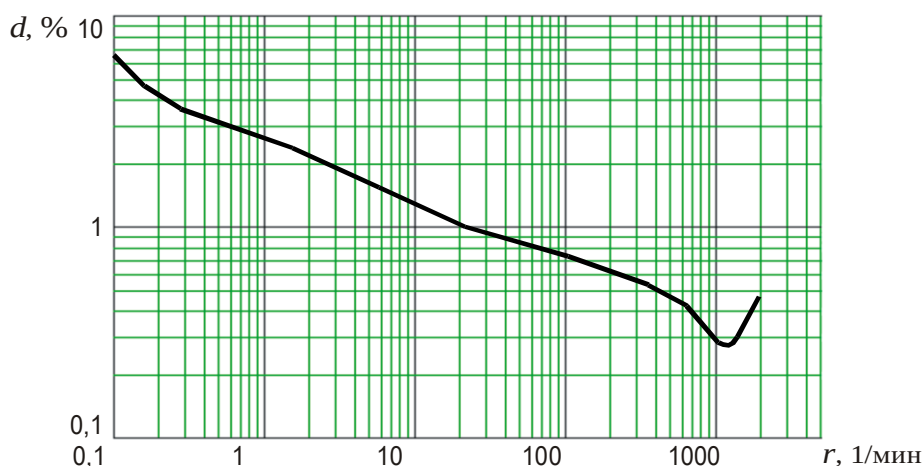


Рис. 4.1. Кривая допустимых колебаний напряжения

По кривой находим, что: $d_0 = 1,95 \%$.

Тогда при возмущениях $d = 1 \%$:

$$P_{st1} = \frac{1 \cdot 1}{1,95} = 0,51.$$

По формуле аналитического метода определим значение величины колебаний напряжения:

$$P_{st1} = 0,365 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3^{0,31} = 0,51.$$

Критерии оценивания:

– задание считается выполненным, если приведена формула аналитического метода определения значения величины колебаний напряжения.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.3)

5. Изобразите упрощенную однолинейную силовую электрическую схему симметрирующего устройства, действующего на предприятии «ЧАО Лугцентрокуз им. С.С. Монятовского», представленную на рис.5.1. Однофазные электрические печи мощностью 3,0 и 5,0 МВА при $\cos \varphi = 1$ подключены к электросети 6 кВ на линейные напряжения U_{AB} и U_{BC} . На шинах напряжением 6 кВ $S_k = 180$ МВА. Определите значение K_{2U} и рассчитайте параметры симметрирующего устройства.

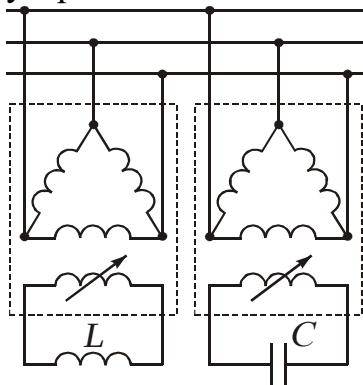


Рис. 5.1. Однолинейная силовая электрическая схема симметрирующего устройства типа L - C с вращающимся магнитным полем

Время выполнения – 60 мин.

Ожидаемый результат:

Ток обратной последовательности несимметричной нагрузки определяется по формуле:

$$I_2 = I_{2\Sigma} = \frac{\sqrt{3}}{3U_{\text{НОМ}}} \left(\sqrt{S_{AB}^2 + S_{BC}^2 - S_{AB} S_{BC}} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3 \cdot 6} \sqrt{3000^2 + 5000^2 - 3000 \cdot 5000} = 419 \text{ A};$$

$$\varphi_2 = \varphi_{2\Sigma} = \arctg \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \left(\frac{S_{AB} + S_{BC}}{S_{AB} - S_{BC}} \right) = \arctg \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \left(\frac{3 + 5}{3 - 5} \right) = 113^\circ.$$

Коэффициент обратной последовательности:

$$K_{2U} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_{\text{НОМ}}}{S_k} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 419 \cdot 6 \cdot 100}{180 \cdot 10^3} = 2,4\%.$$

Мощность батареи конденсаторов для полного устранения несимметрии:

$$Q_\Sigma = \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot I_2 (\sqrt{3} \sin \varphi_{2\Sigma} - \cos \varphi_{2\Sigma}) = \sqrt{3} \cdot 419 \cdot 6 \cdot (\sqrt{3} \sin 113^\circ - \cos 113^\circ) = 8,64 \text{ МВАр}.$$

Критерии оценивания:

– задание считается выполненным, если указана формула обратной последовательности.

Компетенции (индикаторы): ПК-4 (ПК-4.3)

Экспертное заключение

Представленный комплект оценочных материалов по дисциплине (практике) **«Качество электроэнергии»** соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые оценочные материалы адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения».

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанные и представленные для экспертизы оценочные материалы рекомендуются к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической комиссии
института приборостроения и
электротехнических систем



Яременко С.П.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)