

## Лабораторная работа № 4

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

(4 ЧАСА)

### ВВЕДЕНИЕ

С течением времени в условиях эксплуатации электрических сетей изменяются их параметры и нагрузки. Качество электроэнергии характеризуется определенными показателями, относящимися к частоте переменного тока и режиму напряжений. Качество электроэнергии влияет на работу электроприемников, а также на работу электрических аппаратов, присоединенных к электрическим сетям.

Все электроприемники и аппараты характеризуются определенными номинальными параметрами ( $U_{ном}$ ,  $I_{ном}$ ,  $S_{ном}$  и т.д.). Обычно предполагается, что работа при этих параметрах является наиболее целесообразной с технической и экономической точек зрения. В связи с этим требуется систематическая проверка соответствия всех условий работы сети предъявляемым требованиям.

Изменение частоты и напряжения по сравнению с номинальными значениями вызывают изменения технических и экономических показателей работы электроприемников и аппаратов.

В частности, должен осуществляться контроль за одним из основных показателей качества электроэнергии – напряжением.

Качество напряжения, или режим напряжений в электрической сети, характеризуется совокупностью действительных значений напряжения в характерных пунктах этой сети. В пределах электрической сети одной ступени трансформации значения напряжения изменяются в относительно небольших пределах, поэтому более показательными являются не полные значения напряжений, а значения отклонений напряжения  $\Delta U$ , обычно выражающиеся в процентах от номинального значения.

Под контролем за качеством напряжения обычно понимается контроль за несимметрией, несинусоидальностью и за отклонениями напряжения в нормальных, установившихся длительных эксплуатационных режимах.

Следует различать понятия отклонения ( $U_0$ ) и колебания ( $U_k$ ) напряжения. Колебания напряжения ( $U_k$ ) характеризуется относительной разностью между наибольшим  $U_{нб}$  и наименьшим  $U_{нм}$  действующими

значениями напряжения при скорости изменения напряжения, равной не менее 1% в секунду, т.е.

$$U_K = \frac{U_{нб} - U_{нм}}{U_{ном}} \cdot 100 \% \quad (2.1.)$$

Допустимое значение колебаний напряжения зависят от частоты их возникновения. Колебания напряжения нормируются для осветительных ламп и радиоприборов. Для остальных электроприемников колебания напряжения не нормируются.

Если же мы говорим о колебании ( $U_K$ ) напряжения, то при этом под отклонениями обычно понимаем медленные плавные изменения напряжения, обусловленные изменением нагрузки во времени.

В данной работе рассматриваются отклонения напряжения как разность между фактическим, действующим и номинальным ( $U_{ном}$ ) значениями, отнесенная к номинальному напряжению данной сети.

$$U_O = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100 \% \quad (2.2.)$$

По ГОСТ 13109-97 в условиях нормальной работы допускаются следующие предельные отклонения от номинального напряжения:

- а) на зажимах приборов рабочего освещения от -2,5 до +5%;
- б) на зажимах электродвигателей и аппаратов для их пуска и управления от -5 до +10%;
- в) на зажимах остальных электроприемников в пределах +-5%.

В послеаварийных режимах допускается дополнительное понижение напряжения на 5%. При этом 95% отпущенной потребителю электроэнергии должны соответствовать этим требованиям.

Изменение напряжения оказывает неблагоприятное влияние на работу осветительных ламп и асинхронных двигателей, составляющих вместе с лампами значительную часть всех приемников электроэнергии в системе. К отрицательным последствиям приводят как понижение, так и повышение напряжения на зажимах этих приемников по отношению к номинальному значению. Снижение напряжения вызывает резкое уменьшение светового потока ламп накаливания и их коэффициента полезного действия. При

напряжении на 10% меньшим номинального, световой поток ламп уменьшается на 30%.

При работе ламп накаливания с напряжением, превышающим номинального значения; их световой поток заметно повышается, но вместе с тем значительно уменьшается их срок службы. Так, при повышении напряжения на 10% световой поток ламп увеличивается, примерно, на 30%, а срок службы ламп сокращается почти в 3 раза.

Снижение напряжения особенно опасно в сети электрической системы, характеризующейся невысоким уровнем устойчивости. Здесь понижение напряжения может стать причиной полного отключения сети.

Существенное изменение характеристик нагрузок при отклонениях от номинального напряжения на ее зажимах приводит к необходимости ограничивать эти отклонения некоторыми предельными допустимыми значениям.

Опыт показывает, что допустимые отклонения от номинального напряжения должны быть относительно небольшими. При этом часто приходится применять специальные устройства для регулирования напряжения.

Нагрузки электрической сети в большинстве случаев являются случайными функциями времени. Поэтому изменение напряжений в отдельных пунктах сети и на зажимах электроприемников также имеет случайный характер.

Наиболее обоснованным для определения этих изменений является применение вероятностно-статистических методов, в которых процессы изучаются на основании обобщенных показателей, его характеризующих. При применении вероятностных методов расчетов с достаточной достоверностью может быть оценена вероятность возникновения тех или иных отклонений напряжения.

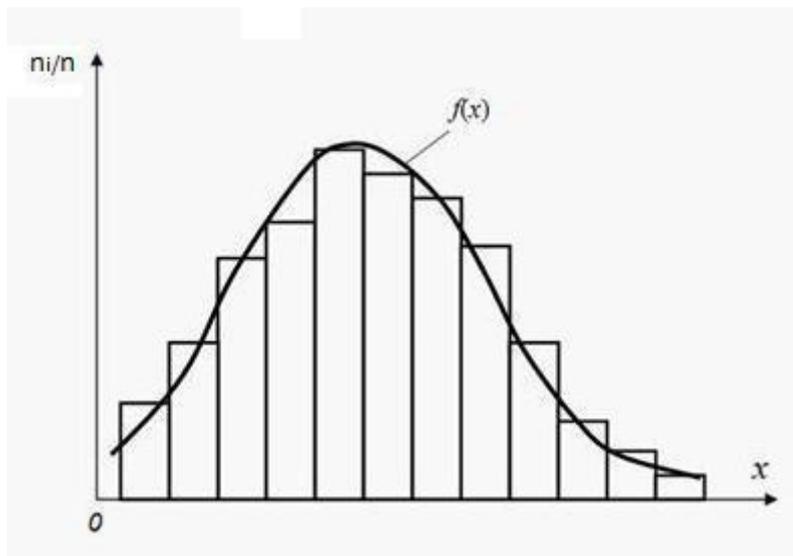
Во всех случаях при использовании вероятностных методов рассматривают не действительные значения  $U$  или  $I$ , а так называемые, их кривые распределения, устанавливающие связь между возможными значениями случайных величин и вероятностью их появления. Очевидно, что величина  $U_0$  может иметь ряд возможных значений, каждому из которых соответствует свое значение  $P$ .

Контроль напряжения должен быть длительным с фиксацией существующего положения и статистической обработкой результатов.

Наиболее действительным является контроль за качеством напряжения контрольных точках сети по гистограммам отклонения напряжения.

Гистограммой называется графическое представление статистического ряда исследуемого параметра режима, изменение которого носит случайный характер. При этом диапазон изменения напряжения разделен на интервалы. Для каждого интервала  $L$  определяется частота (вероятность) значений данной случайной величины напряжения в пределах этого интервала  $P_i = n_i/n$ , где ( $n$  – общее число приведенных измерений;  $n_i$  – число попаданий напряжения  $i$ – тый интервал).

По гистограмме можно судить о допустимости процесса изменения напряжения (Рис. 2.1).



**Рис.2.1.** Гистограмма случайной величины

Среднее ожидаемое значение случайной величины в теории вероятностей называют ее математическим ожиданием. При статическом определении математическое ожидание равно среднему арифметическому наблюдаемых значений.

Для дискретно изменяющейся случайной величины статистическое ожидание равно

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_{oi}}{n} \quad (2.3.)$$

В качестве обобщенного показателя рассеяния, разбросанности значений отклонений от математического ожидания принимают дисперсию случайной величины (Д).

Она равна математическому ожиданию квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания. При статистическом определении вероятности для дискретно изменяющейся величины дисперсия будет равна

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i (v_{oi} - \bar{v})^2}{n} \quad (2.4.)$$

Величину  $\sigma$ , равную среднему квадратичному отклонению от математического ожидания, называют стандартным отклонением.

Гистограммы отклонений напряжения на зажимах электроприемников могут быть получены с помощью специального прибора (статистического анализатора качества напряжения – САКН). Анализ гистограммы позволяет оценить качество электроэнергии в рассматриваемом пункте сети и принять соответствующие меры для его улучшения, если это необходимо.

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить методы определения параметров качества электроэнергии на примере оценки напряжения на шинах 10 кВ подстанции 110/10 кВ.

## **ЗАДАЧИ**

Определить значения напряжения на шинах подстанции, построить гистограмму отклонения напряжения, определить математическое ожидание и стандартное отклонение напряжения.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Проведение лабораторной работы осуществляется на учебных полигонах «Подстанция 110/10 кВ» и «РС 0,4-10 кВ» УИЦ

«Электроэнергетика» Казанского государственного энергетического университета.

Расположение и место подключения статистического анализатора качества напряжения представлены на однолинейной электрической схеме полигона (Рис. 2.2.):

КС-110/V3/6,4

ВЗ-630-0,5

РГНП.2-110I/1000  
3 ПД14

ТОГФ-110 III УХЛ1

ВГТ-110 III-40/2500У1

РГНП.1а-110/1000  
2 ПД14  
ОПН-П1-110/77/10/3 III УХЛ1  
(А)П8П2 на U64/110 кВ  
ESS145-С45

ТМТН-6300/110-У1  
ЗОН-110  
ОПНН-П1-110/60/10/3 III УХЛ1  
ОПН-РТ/ТЕЛ-10/12 6/5/250 УХЛ1  
ОПН-РК/40,5-10-680 УХЛ1

U<sub>н</sub>=10кВ I<sub>н</sub>=1000А  
Si<sub>оп</sub> 10кВ/20кА-800А  
ПНО-10.1-10А  
ТОЛ-СЭЩ  
500/5; 10Р/10Р/0.5/0.5S  
100/5; 10Р/0.5/0.5S  
ЗНОЛП-1а У2  
ОПН-РТ/ТЕЛ-10/11,5 УХЛ2  
ТЗРЛ-125

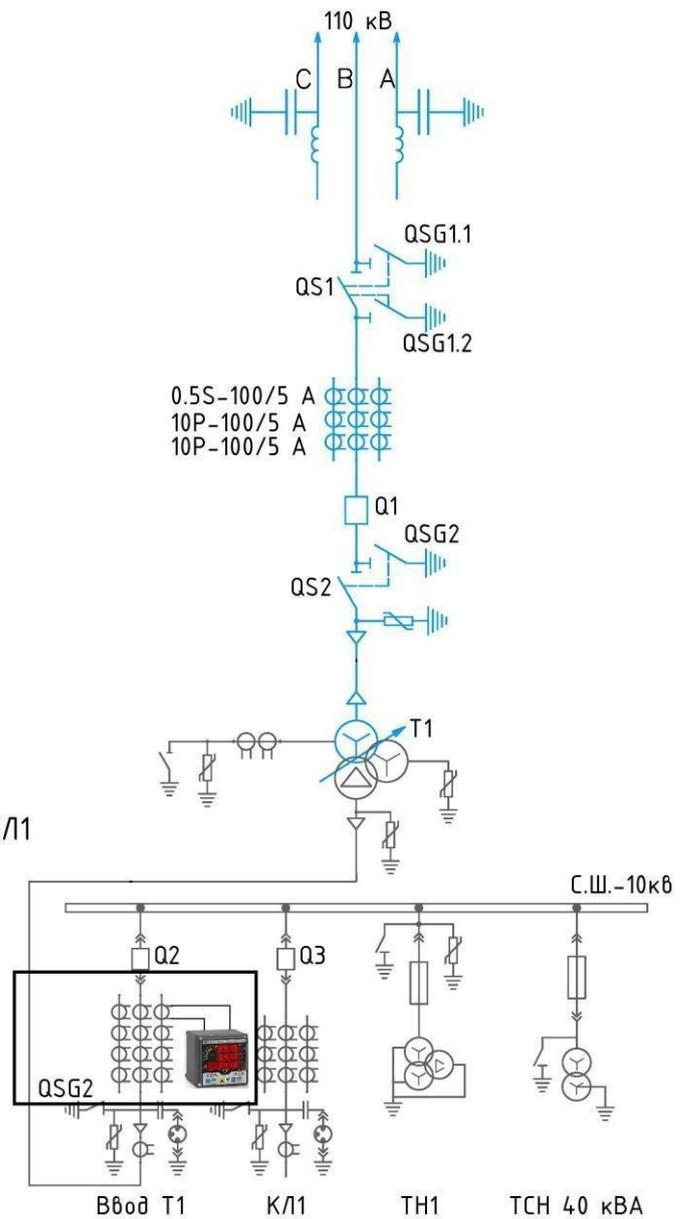


Рис. 2.2. Однолинейная электрическая схема учебного полигона «Подстанция 110/10 кВ»

## УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТЫ

Записать паспортные данные трансформатора тока и анализатора качества электроэнергии.

Подготовить таблицы для записи показаний приборов в опытах определения напряжения.

Собрать принципиальную схему подключения прибора к сети в соответствии с инструкцией.

Контролировать напряжение каждые 0,5-2 мин.

По полученным данным построить гистограмму отклонения напряжения в месте присоединения САКН к сети

По формулам (2.3) - (2.4) определить математическое ожидание и стандартное отклонение напряжения в этой точке.

Оформить отчёт.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

В отчете должны быть отражены результаты определения показателей качества электроэнергии на примере отклонения напряжения. В отчете отражаются:

- 1) значения измеренных уровней напряжения;
- 2) гистограмма отклонения напряжения;
- 3) определение математического ожидания отклонения напряжения;
- 4) определение стандартного отклонения напряжения.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Какие существуют показатели качества электроэнергии?
2. Что называется гистограммой отклонений напряжения? Для чего она строится?
3. Из-за чего в электрической сети возможна несимметрия напряжения?
4. Какие существуют нормы на отклонения напряжения от номинального