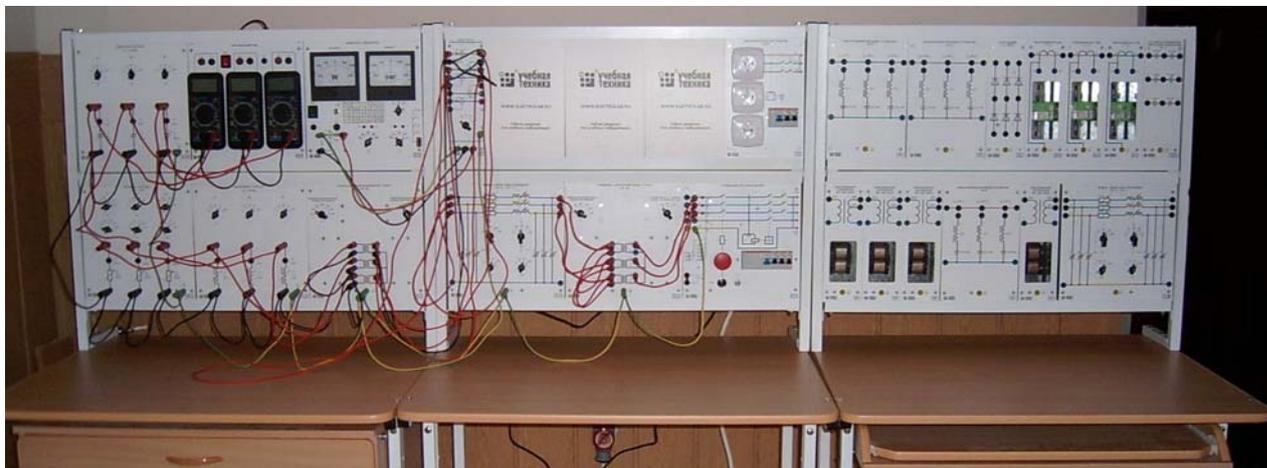


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, А.И. Муравлев

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*



Томск
2010

УДК 621.311.019(076.5)

ББК 31.29я73

Л841

Л84 Лукутин Б.В.

Качество электрической энергии. Лабораторный практикум: учебное пособие / Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, А.И. Муравлев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 87 с.

В пособии изложены вопросы оценки качества электрической энергии с использованием измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06. описана структура базы данных ЭРИС-КЭ.06. Приведены способы улучшения качества электрической энергии. Описан лабораторный комплекс, который позволяет моделировать работу различных способов улучшения качества электрической энергии.

УДК 621.311.019(076.5)

ББК 31.29я73

Рецензенты

Профессор, д.т.н. В.М. Дмитриев

Доцент, к.т.н. В.М. Педиков

Профессор, д.т.н. А.В. Кабышев

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2010

© Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Муравлев А.И., 2010

© Оформление. Издательство Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2010

Показатели качества электрической энергии

Показатели качества электрической энергии определяются межгосударственным стандартом ГОСТ 13109-97. Стандарт устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения).

Глоссарий

Система электроснабжения общего назначения - совокупность электроустановок и электрических устройств энергоснабжающей организации, предназначенных для обеспечения электрической энергией различных потребителей (приемников электрической энергии).

Электрическая сеть общего назначения - электрическая сеть энергоснабжающей организации, предназначенная для передачи электрической энергии различным потребителям (приемникам электрической энергии).

Центр питания - распределительное устройство генераторного напряжения электростанции или распределительное устройство вторичного напряжения понизительной подстанции энергосистемы, к которым присоединены распределительные сети данного района.

Точка общего присоединения - точка электрической сети общего назначения, электрически ближайшая к сетям рассматриваемого потребителя электрической энергии (входным устройствам рассматриваемого приемника электрической энергии), к которой присоединены или могут быть присоединены электрические сети других потребителей (входные устройства других приемников).

Потребитель электрической энергии - юридическое или физическое лицо, осуществляющее пользование электрической энергией (мощностью).

Кондуктивная электромагнитная помеха в системе энергоснабжения - электромагнитная помеха, распространяющаяся по элементам электрической сети.

Уровень электромагнитной совместимости в системе энергоснабжения - регламентированный уровень кондуктивной электромагнитной помехи, используемый в качестве эталонного для координации между допустимым уровнем помех, вносимым техническими средствами энергоснабжающей организации и потребителей электрической энергии, и уровнем помех, воспринимаемым техническими средствами без нарушения их нормального функционирования.

Огибающая среднеквадратичных значений напряжения - ступенчатая временная функция, образованная среднеквадратичными значениями напряжения, дискретно определенными на каждом полупериоде напряжения основной частоты.

Фликер - субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти источники.

Доза фликера - мера восприимчивости человека к воздействию фликера за установленный промежуток времени.

Время восприятия фликера - минимальное время для субъективного восприятия человеком фликера, вызванного колебаниями напряжения определенной формы.

Частота повторения изменений напряжения - число одиночных изменений напряжения в единицу времени.

Длительность изменения напряжения - интервал времени от начала одиночного изменения напряжения до его конечного значения.

Провал напряжения - внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9U_{ном}$, которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд.

Длительность провала напряжения - интервал времени между начальным моментом провала напряжения и моментом восстановления напряжения до первоначального или близкого к нему уровня.

Частота появления провалов напряжения - число провалов напряжения определенной глубины и длительности за определенный промежуток времени по отношению в общему числу провалов за этот же промежуток времени.

Импульс напряжения - резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд.

Амплитуда импульса - максимальное мгновенное значение импульса напряжения.

Длительность импульса - интервал времени между начальным моментом импульса напряжения и моментом восстановления мгновенного значения напряжения до первоначального или близкого к нему уровня.

Временное перенапряжение - повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1U_{ном}$ продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутациях или коротких замыканиях.

Коэффициент временного перенапряжения - величина, равная отношению максимального значения огибающей амплитудных значений напряжения за время существования временного перенапряжения к амплитуде номинального напряжения сети.

Длительность временного перенапряжения - интервал времени между начальным моментом возникновения временного перенапряжения и моментом его исчезновения.

Стандартные обозначения

- δU_y - установившееся отклонение напряжения;
- δU_t - размах изменения напряжения;
- P_f - доза фликера;
- P_{St} - кратковременная доза фликера;
- P_{Lt} - длительная доза фликера;
- K_U - коэффициент искажения синусоидальности кривой междуфазного (фазного) напряжения;
- $K_{U(n)}$ - коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения;
- K_{2U} - коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- K_{0U} - коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- Δf - отклонение частоты;
- Δt_n - длительность провала напряжения;
- $U_{имп}$ - импульсное напряжение;
- $K_{пер U}$ - коэффициент временного перенапряжения;
- $U_{(1)i}$ - действующее значение междуфазного (фазного) напряжения основной частоты в i-ом наблюдении;
- $U_{AB(1)i}, U_{BC(1)i}, U_{CA(1)i}$ - действующие значения междуфазных напряжений основной частоты в i-ом наблюдении;
- $U_{I(1)i}$ - действующее значение междуфазного (фазного) напряжения прямой последовательности основной частоты в i-ом наблюдении;
- U_y - усредненное значение напряжения;
- N - число наблюдений;
- $U_{ном}$ - номинальное междуфазное (фазное) напряжение;
- $U_{ном.ф}$ - номинальное фазное напряжение;
- $U_{ном.мф}$ - номинальное междуфазное напряжение;
- $U_{скв}$ - среднеквадратичное значение напряжения, определяемое на полупериоде напряжения основной частоты;
- U_i, U_{i+1} - значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей среднеквадратичных значений напряжения основной частоты;
- $U_{a i}, U_{a i+1}$ - значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей амплитудных значений напряжения на каждом полупериоде основной частоты;
- T - интервал времени измерения;
- m - число изменений напряжения за время T ;
- $F_{\delta U_t}$ - частота повторения изменений напряжения;

- t_i, t_{i+1} - начальные моменты следующих один за другим изменений напряжения;
- $\Delta t_{i,i+1}$ интервал между смежными изменениями напряжения;
- P_s - сглаженный уровень фликера;
- $P_{1s}, P_{3s}, P_{10s}, P_{50s}$ - сглаженные уровни фликера при интегральной вероятности, равной 1,0; 3,0; 10,0; 50,0% соответственно;
- T_{sh} - интервал времени измерения кратковременной дозы фликера;
- T_L - интервал времени измерения длительной дозы фликера;
- n - номер гармонической составляющей напряжения;
- P_{Stk} - кратковременная доза фликера на k -ом интервале времени T_{sh} в течение длительного периода наблюдения T_L ;
- $U_{(n)i}$ - действующее значение n -ой гармонической составляющей междуфазного(фазного) напряжения в i -ом наблюдении;
- K_{U_i} - коэффициент искажения синусоидальности кривой междуфазного (фазного) напряжения в i -ом наблюдении;
- $K_{U(n)i}$ - коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения в i -ом наблюдении;
- T_{vs} - интервал времени усреднения наблюдений при измерении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения;
- $U_{2(1)i}$ - действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i -ом наблюдении;
- K_{2U_i} - коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности в i -ом наблюдении;
- $U_{нб(1)i}, U_{нм(1)i}$ - наибольшее и наименьшее действующие значения из трех междуфазных напряжений основной частоты в i -ом наблюдении;
- $U_{0(1)i}$ - действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i -ом наблюдении;
- K_{0U_i} - коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности в i -ом наблюдении;
- $U_{нб \phi(1)i}, U_{нм \phi(1)i}$ - наибольшее и наименьшее из трех действующих значений фазных напряжений основной частоты в i -ом наблюдении;
- $f_{ном}$ - номинальное значение частоты;
- t_n - начальный момент времени резкого спада огибающей среднеквадратичных значений напряжения;
- t_k - конечный момент времени восстановления среднеквадратичного значения напряжения;
- δU_n - глубина провала напряжения;
- Δt_n - длительность провала напряжения;
- M - общее число провалов напряжения за период времени наблюдения T ;
- $m(\delta U_n, \Delta t_n)$ - число провалов напряжения глубиной δU_n и длительностью Δt_n за рассматриваемый период времени наблюдения T ;
- F_n - частота появления провалов напряжения;
- $t_{н0,5}, t_{к0,5}$ - моменты времени, соответствующие пересечению кривой импульса напряжения горизонтальной линией, проведенной на половине амплитуды импульса;
- U_a - амплитудное значение напряжения;
- $U_{a \max}$ - максимальное амплитудное значение напряжения.

Основные нормально и предельно допустимые показатели качества электроэнергии

Показателями качества электроэнергии (КЭ) являются:

- установившееся отклонение напряжения δU_y ;
- размах изменения напряжения δU_t ;
- доза фликера P_t ;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ;
- коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ;
- отклонение частоты Δf ;
- длительность провала напряжения Δt_p ;
- импульсное напряжение $U_{имп}$;
- коэффициент временного перенапряжения $K_{пер U}$.

При определении значений некоторых показателей КЭ используют следующие **вспомогательные параметры** электрической энергии:

- частоту повторения изменений напряжения $F_{\delta U_t}$;
- интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$;
- глубину провала напряжения δU_p ;
- частоту появления провалов напряжения F_p ;
- длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды $\Delta t_{имп 0,5}$;
- длительность временного перенапряжения $\Delta t_{пер U}$

Установлены **два вида норм КЭ**: нормально допустимые и предельно допустимые. Оценка соответствия показателей КЭ указанным нормам проводится в течение расчетного периода, равного **24 ч**.

Отклонение напряжения характеризуется **показателем установившегося отклонения напряжения**, для которого установлены следующие нормы:

- нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения δU_y на выводах приемников электрической энергии равны соответственно **± 5** и **$\pm 10\%$** от номинального напряжения электрической сети;
- нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения в точках общего присоединения потребителей электрической энергии к электрическим сетям напряжением **0,38 кВ** и более установлены в договорах на пользование электрической энергией между энергоснабжающей организацией и потребителем с учетом выполнения норм стандарта на выводах приемников электрической энергии.

Колебания напряжения характеризуются следующими показателями:

- размахом изменения напряжения;
- дозой фликера.

Предельно допустимые значения размаха изменений напряжения δU_t в точках общего присоединения к электрическим сетям при колебаниях напряжения, огибающая которых имеет форму меандра, в зависимости от частоты повторения изменений напряжения $F_{\delta U_t}$ или интервала между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ равны значениям, определяемым по кривой 1 рисунка 1, а для потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания, в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, равны значениям, определяемым по кривой 2 рисунка 1.

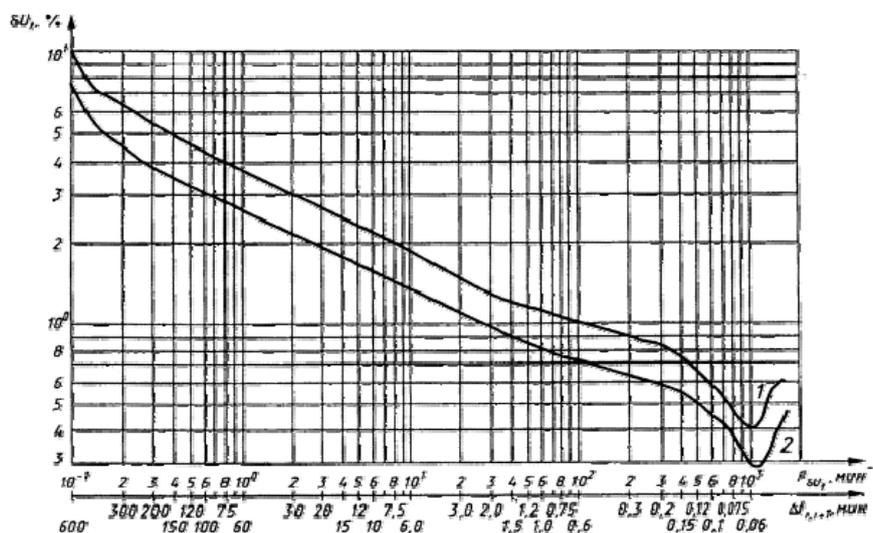


Рис. 1. - Предельно допускаемые размахи изменений напряжения в зависимости от частоты повторения изменений напряжения за минуту для колебаний напряжения, имеющих форму меандра

Предельно допустимое значение суммы установившегося отклонения напряжения δU_y и размаха изменений напряжения δU_t в точках присоединения к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ равно 10 % от номинального напряжения.

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера Pst при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, равно 1,38, а для длительной дозы фликера PLt при тех же колебаниях напряжения равно 1,0.

Кратковременную дозу фликера определяют на интервале времени наблюдения, равном 10 мин., а длительную - 2 ч.

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера Pst в точках общего присоединения потребителей электрической энергии, распола-

гающих лампами накаливания в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, равно 1,0, а для длительной дозы фликера PLt в этих же точках равно 0,74.

Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициентом n-ой гармонической составляющей напряжения.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с разным номинальным напряжением приведены в таблице 1.

Таблица 1. - Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в процентах.

Нормально допустимое значение при $U_{ном}$, кВ				Предельно допустимое значение при $U_{ном}$, кВ			
0,38	6-20	35	110-330	0,38	6-20	35	110-330
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

Нормально допустимые значения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с разным номинальным напряжением $U_{ном}$ приведены в таблице 2.

Таблица 2. - Значения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения в процентах.

Нечетные гармоники, не кратные 3, при $U_{ном}$, кВ					Нечетные гармоники, кратные 3**, при $U_{ном}$, кВ					Четные гармоники при $U_{ном}$, кВ				
n*	0,38	6-20	35	110-330	n*	0,38	6-20	35	110-330	n*	0,38	6-20	35	110-330
5	6,0	4,0	3,0	1,5	3	5,0	3,0	3,0	1,5	2	2,0	1,5	1,0	0,5
7	5,0	3,0	2,5	1,0	9	1,5	1,0	1,0	0,4	4	1,0	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2,0	2,0	1,0	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3,0	2,0	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2,0	1,5	1,0	0,5	>21	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,3	0,3	0,2
19	1,5	1,0	1,0	0,4						12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1,0	1,0	0,4						> 12	0,2	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1,0	1,0	0,4										

Нечетные гармоники, не кратные 3, при Уном, кВ					Нечетные гармоники, кратные 3**, при Уном, кВ					Четные гармоники при Уном, кВ				
n*	0,38	6-20	35	110-330	n*	0,38	6-20	35	110-330	n*	0,38	6-20	35	110-330
>25	0,2+ +1,3 25/n	0,2+ +0,8 25/n	0,2+ +0,6 25/n	0,2+ +0,2 25/n										

* n - номер гармонической составляющей напряжения.
** Нормально допустимые значения, приведенные для n, равных 3 и 9, относятся к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими приведенных в таблице

Предельно допустимое значение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения вычисляют по формуле:

$$KU(n)_{\text{пред}} = 1,5 KU(n)_{\text{норм}}$$

где KU(n)норм - нормально допустимое значение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения, определяемое по таблице 2.

Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равны **2,0** и **4,0%** соответственно.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точках общего присоединения к четырехпроводным электрическим сетям с номинальным напряжением **0,38 кВ** равны **2,0** и **4,0%** соответственно.

Отклонение частоты напряжения переменного тока в электрических сетях характеризуется показателем отклонения частоты, для которого установлены следующие нормы: нормально допустимое и предельно допустимое значения отклонения частоты равны $\pm 0,2$ и $\pm 0,4$ Гц соответственно.

Провал напряжения характеризуется показателем длительности провала напряжения, для которого установлена следующая норма: предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до **20 кВ** включительно равно **30 с**. Длительность автоматически устраняемого провала напряжения определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики.

Импульс напряжения характеризуется показателем импульсного напряжения. (Значения импульсных напряжений для грозовых и коммутационных

импульсов, возникающих в электрических сетях энергоснабжающей организации см. [1].)

Временное перенапряжение характеризуется показателем коэффициента временного перенапряжения. (Значения коэффициентов временных перенапряжений, возникающих в электрических сетях энергоснабжающей организации см. [1].)

Оценку соответствия показателей качества электрической энергии установленным нормам проводят в условиях эксплуатации с учетом следующих требований:

- Для определения соответствия значений измеряемых показателей КЭ за исключением длительности провала напряжения, импульсного напряжения, коэффициента временного перенапряжения, устанавливается минимальный интервал времени измерений, равный 24 ч.
- Наибольшие и наименьшие значения установившегося отклонения напряжения и отклонения частоты, определяемые с учетом знака в течение расчетного периода времени должны находиться в интервале, ограниченном предельно допустимыми значениями. Верхнее и нижнее значения этих показателей КЭ, являющиеся границами интервала, в котором с вероятностью 95 % находятся измеренные значения показателей КЭ, должны находиться в интервале, ограниченном нормально допустимыми значениями.
- Общая продолжительность измерений показателей КЭ должна быть выбрана с учетом обязательного включения характерных для измеряемых показателей КЭ рабочих и выходных дней. Рекомендуемая общая продолжительность измерений составляет 7 сут. Сопоставление показателей КЭ с нормами производят за каждые сутки отдельно.
- Оценку соответствия длительностей провалов напряжения в точках общего присоединения потребителей к сети энергоснабжающей организации нормам проводят путем наблюдений и регистрации провалов напряжения в течение длительного периода времени.
- Получение данных об импульсах и кратковременных перенапряжениях проводят путем длительного наблюдения и регистрации.

При проведении оценки соответствия показателей качества электрической энергии учитывают **значения погрешности измерений**, которые должны находиться в интервале, ограниченном предельно допускаемыми значениями (таблица 3).

Таблица 3. - Погрешность измерений ПКЭ

Показатель КЭ, единица измерения	Нормы КЭ (пункты стандарта)		Пределы допустимых погрешностей измерений показателя КЭ	
	нормально допустимые	предельно допустимые	абсолютной	относительной, %
Установившееся отклонение напряжения δU_y , %	± 5	± 10	$\pm 0,5$	-
Размах изменения напряжения δU_t , %	-	Кривые 1, 2 на рис. 1.	-	± 8
Доза фликера, отн. ед. кратковременная PSt длительная PLt	- -	1,38; 1,0 1,0; 0,74	- -	± 5 ± 5
Коэффициент искажения синусоидальности напряжения KU, %	По таблице 1.	По таблице 1.	-	± 10
Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения KU(n), %	По таблице 2.	По таблице 2.	$\pm 0,05$ при KU(n) < 1,0	± 5 при KU(n) $\geq 1,0$
Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K2U, %	2	4	$\pm 0,3$	-
Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K0U, %	2	4	$\pm 0,5$	-
Отклонение частоты Δf , Гц	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,03$	-
Длительность провала напряжения Δt_p , с	-	30	$\pm 0,01$	-
Импульсное напряжение Уимп, кВ	-	-	-	± 10
Коэффициент временного перенапряжения Kпер U, отн. ед.	-	-	-	± 10

До оснащения электрических сетей трансформаторами и делителями напряжения, входящими в состав оборудования электрических сетей, обеспечивающими совместно со средствами измерений показателей КЭ допускается проводить измерение показателей КЭ (за исключением показателя Δf) с погрешностью, превышающей установленную не более чем в 1,5 раза.

При проведении оценки соответствия показателей качества электрической энергии нормами определены интервалы усреднения результатов измерений показателей КЭ (таблица 4).

Таблица 4. - Интервалы усреднения результатов измерений показателей КЭ

Показатель КЭ	Интервал усреднения, с
Установившееся отклонение напряжения	60
Размах изменения напряжения	-
Доза фликера	-
Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения	3
Коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения	3
Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности	3
Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности	3
Отклонение частоты	20
Длительность провала напряжения	-
Импульсное напряжение	-
Коэффициент временного перенапряжения	-

Основные способы улучшения показателей качества напряжения

Виды контроля КЭ

Контроль качества электроэнергии заключается в проверке соответствия показателей КЭ установленным требованиям. Исходя из этого определения, можно выделить следующие цели контроля КЭ.

Контроль на соответствие требованиям ГОСТ 13109—97 или технических регламентов. При выполнении такого контроля проводятся измерения только показателей качества электроэнергии, т.е. по напряжению и частоте.

Результаты контроля КЭ представляются за весь интервал наблюдения (не менее 24 ч), и на их основании делается вывод о соответствии качества электроэнергии установленным требованиям.

Диагностический контроль необходим для анализа причин ухудшения КЭ, определения виновника снижения КЭ, при проверке выполнения технических условий на присоединение потребителя к электрической сети и договорных условий на электроснабжение. В данном случае помимо ПКЭ необходимо измерять вспомогательные параметры, характеризующие качество электроэнергии по току и мощности. При этом результаты измерений удобно просматривать не только в числовом, но и в графическом виде.

Коммерческий контроль может применяться как средство экономического воздействия на виновника ухудшения КЭ. В результате такого контроля, если это установлено договором энергоснабжения, оценивается стоимость электроэнергии с учетом неустойки за ее качество. В данном случае помимо показателей качества электроэнергии по напряжению, току и мощности необходимо проводить учет отпущенной электроэнергии.

Технологический контроль — это контроль КЭ с длительностью и (или) погрешностью измерений, которые могут быть снижены по сравнению с требованиями ГОСТ 13109—97. Для этих целей могут использоваться более простые и дешевые средства измерения. Задачей технологического контроля является установление влияния технологического процесса потребителя электроэнергии на КЭ.

В зависимости от длительности измерений можно выделить два вида контроля КЭ:

- периодический контроль, при котором измерение контролируемых показателей и оценка ПКЭ происходят непрерывно каждые 24 ч (или несколько суток) с постоянными интервалами между измерениями, определяемыми организацией, осуществляющей контроль КЭ, но не реже чем установлено ГОСТ 13109—97;

- непрерывный контроль, при котором поступающая информация о контролируемых ПКЭ анализируется непрерывно.

Симметрирование напряжений с помощью конденсаторной батареи

Изменение структуры электропотребления, обусловленное снижением производственной и ростом коммунально-бытовой (преимущественно однофазной) нагрузки, усложняет обеспечение симметричного режима системы электроснабжения. Появление несимметрии напряжений в трехфазных сетях приводит к дополнительным потерям активной мощности, снижению срока службы электрооборудования и экономических показателей его работы. При выборе средств симметрирования наиболее рационально в первую очередь задействовать уже имеющиеся в СЭС технические средства, в частности конденсаторные батареи (КБ) установок компенсации реактивной мощности (УКРМ).

Нарушение режима симметрии трехфазной системы напряжений изменит энергетические характеристики симметричных по емкости ветвей КБ. В низковольтных распределительных сетях, где в основном сосредоточена компенсационная мощность потребителей, реактивная мощность (РМ) КБ будет ограничена величиной так называемой располагаемой мощности - $Q_{расп.}$, пропорциональной мощности прямой последовательности и всегда меньшей номинальной - $Q_{ном.}$ Вследствие неравномерного распределения РМ ветвей КБ направление тока компенсации в отдельных фазах сети может оказаться противоположным требуемому, что снизит ее пропускную способность и увеличит уже имеющийся дисбаланс напряжений в точках общего присоединения. Если предусмотрено конструкцией схемы УКРМ, в четырехпроводной сети с нулевым проводом можно за счет комбинаций переключения конденсаторов на различные фазные напряжения сети уменьшить степень несимметрии до допустимых значений коэффициента несимметрии по нулевой последовательности - k_{0U} . В отличие от трехпроводных (с изолированной нейтралью), четырехпроводные сети располагают большими вариантами выбора фаз питания нагрузки, но ее уравновешенность возможна только при равенстве фазных проводимостей. Поэтому в четырехпроводных сетях необходимо снизить составляющую фазных напряжений нулевой последовательности - $I_0/3 \times Z_0$, численно равную модулю вектора сдвига нулевой точки О векторной диаграммы напряжений. Здесь $I_0/3$ - вторичный ток нулевой последовательности силового трансформатора, создаваемый током небаланса протекающим в нулевом проводе и не уравновешенный первичным током. Сопротивление обмоток трансформатора для токов нулевой последовательности: $Z_0 = r_2 + jx_{22}$, где r_2 - характеризует активное сопротивление вторичной обмотки трансформатора, а x_{22} - однофазный магнитный поток рассеяния, сцепляющийся

с вторичной обмоткой по воздуху (аналогичный потокам КЗ, но значительно больший по величине). В обмотках трансформатора индуцируются одинаковые по фазе добавочные э.д.с., которые с учетом увеличения Z_0 за счет сопротивления линии вызывают искажение напряжения на нагрузке дополнительно к искажению от токов обратной последовательности. Кроме того, магнитные потоки, вызванные токами нулевой последовательности, замыкаясь через поверхность бака, дно и крышку трансформатора, разогревают его, ухудшая охлаждение активной части.

Сопротивление обмоток трансформатора для токов нулевой последовательности $-Z_0$ отличается от их сопротивления для токов прямой и обратной последовательности. Экспериментальные данные показывают, что для наиболее распространенных в электрических сетях 10...0,4 кВ РФ и стран СНГ трансформаторов со схемой соединения обмоток $Y-Y_0$ значение Z_0 больше $Z_{КЗ}$ в 5-8 раз. Максимальная допустимая неуравновешенная однофазная нагрузка составляет 2-5% от номинальной мощности питающего трансформатора с группой соединения $Y-Y_0-12$, что приблизительно в 10 раз меньше, чем при ее включении на междуфазное напряжение (несимметрией по обратной последовательности).

Параллельное подключение емкостной проводимости КБ непосредственно на фазные напряжения позволит уменьшить токи нулевой последовательности и обеспечить требуемый коэффициент мощности узла нагрузки при минимальном количестве элементов компенсации. Для СЭС с разбалансированной нагрузкой используется трехканальное управление однофазных КБ контроллерами, функция регулирования которых равнозначна приведенной ниже системе уравнений:

$$Q_A = K \times I_A U_{AN} \cdot \cos(90^\circ - \varphi_A) = K \times I_A U_{AN} \cdot \sin \varphi_A;$$

$$Q_B = K \times I_B U_{BN} \cdot \cos(90^\circ - \varphi_B) = K \times I_B U_{BN} \cdot \sin \varphi_B;$$

$$Q_C = K \times I_C U_{CN} \cdot \cos(90^\circ - \varphi_C) = K \times I_C U_{CN} \cdot \sin \varphi_C,$$

где Q_A, Q_B, Q_C - РМ соответствующей фазы; K - коэффициент трансформации трансформаторов тока; $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ - угол сдвига фаз между линейным током и соответствующим фазным напряжением.

Далее каждый из регуляторов независимо друг от друга коммутирует емкость конденсатора в контролируемую фазу, в соответствии с измеренной в четырех квадрантах комплексной плоскости величиной угла φ . При этом минимальная РМ симметрирования однофазной полностью скомпенсированной нагрузки ($\cos \varphi = 1$) составляет 100% ее мощности.

Параллельное подключение емкостной проводимости конденсаторов непосредственно на фазные напряжения позволит уменьшить токи нулевой последовательности до допустимого значения и обеспечить требуемый коэффициент мощности ($\cos \varphi$) компенсируемой сети.

Встречное регулирование напряжения

Современные системы электроснабжения объектов характеризуются значительной протяженностью и многоступенчатой трансформацией напряжения. В каждой ветви системы электроснабжения (линии, трансформаторе) имеются потери напряжения. Они зависят от параметров схемы замещения и от ее нагрузки. В режимах наибольших нагрузок потери напряжения большие, в режимах малых нагрузок потери напряжения соответственно уменьшаются.

Режим напряжений в распределительной сети может быть улучшен, например с помощью автоматического регулирования коэффициента трансформации трансформатора. При этом на шинах ИП будет обеспечено так называемое встречное регулирование напряжения. Под встречным регулированием напряжения понимают повышение напряжения в режиме наибольших нагрузок до +5...8% номинального и понижение напряжения до номинального (или ниже) в режиме наименьших нагрузок при линейном изменении в зависимости от нагрузки. При встречном регулировании стабильный уровень напряжения обеспечивается не на шинах ЦП, а в некоторой удаленной от ЦП точке электрической сети. Она называется “контрольной” или “фиктивной” точкой.

Автоматическое регулирование коэффициента трансформации трансформаторов (а также автотрансформаторов и линейных регуляторов) производится не плавно, а с определенной зоной нечувствительности. Зоной нечувствительности называют некоторую полосу изменения напряжения, при которой не происходит срабатывания регулирующей аппаратуры. Ее значение зависит от степени регулирования, которой называется напряжение между двумя соседними регулировочными ответвлениями трансформаторов с устройством РПН. На трансформаторах напряжением 10/0,4 кВ нет регулирования под нагрузкой, и переключение ответвлений может осуществляться только при отключенном трансформаторе. При изменении ответвления можно получить дополнительную добавку напряжения $\pm 2,5$ или $\pm 5\%$.

При проектировании сетей используют понятие допустимой потери напряжения, которая при наличии встречного регулирования может достигать 10...12% номинального значения напряжения, и без встречного регулирования 6...7%. В большинстве случаев реальные потери напряжения оказываются меньше допустимых, за исключением протяженных воздушных сетей низшего напряжения в сельских районах.

Под регулированием напряжения понимается автоматическое текущее изменение напряжения по желаемому закону. Автоматическая система регулирования представляет собой замкнутую цепь, которая обеспечивает контроль и

управление. К автоматической системе управления относятся АПВ и АВР, осуществляющие автоматическое включение и отключение выключателей.

Если расстояние между объектом контроля, управления или регулирования и пунктом управления велико, то применяют системы телемеханики: телеконтроля, телеуправления и телерегулирования. Они отличаются от соответствующих систем автоматики наличием каналов связи, приемников и передатчиков.

Регулирование напряжения путем поперечной и продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи

Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) показывает качество применения электроэнергии на предприятии. Его снижение приводит к повышению расхода эл. энергии и её стоимости. Существуют следующие способы улучшения коэффициента мощности:

- Естественные способы: полная загрузка силовых трансформаторов и электродвигателей, или их замена на меньшую мощность, в соответствии с нагрузкой; приведение системы электроснабжения к номинальному режиму - приближение ПУПП к потребителям, замена кабелей и проводников на большее сечение; замена асинхронного нерегулируемого электропривода на синхронный.
- Искусственные методы: применение синхронных компенсаторов - синхронных двигателей работающих в холостую ($\cos \varphi = 1,0$; синхронные двигатели являются генераторами реактивной мощности, с отдачей её в общешахтную сеть); применение статических элементов (косинусных конденсаторов).

В качестве дополнительного источника реактивной мощности, служащей для обеспечения потребителей реактивной мощностью, сверх того количества, которое даёт энергосистема и синхронные двигатели, имеющиеся на предприятии, устанавливаются конденсаторные батареи (БК). Конденсаторные установки применяются при напряжении 110-6 кВ, устанавливаются только на поверхности в специальной камере ГПП. Пожароопасны, не требуют сложного ухода и обслуживания, небольшой расход энергии. Должны быть защищены максимально-токовой защитой и сблокированы с основным выключателем. Выключатель конденсаторной установки должен иметь разрядное устройство.

Поперечная компенсация реактивной мощности

Если БК включаются параллельно нагрузке - это поперечная компенсация, а при последовательном - продольная. После включения ёмкости параллельно нагрузке, угол φ_1 уменьшается до величины φ_2 . Уменьшается ток электроприёмника, т.е. происходит разгрузка линии по току. Разгружаются на ту же вели-

чину и генераторы энергосистемы, благодаря генерации БК в месте установки электроприёмников, уменьшаются потери. Для проектируемой сети, снижение тока позволяет уменьшить сечение проводов, соответственно снижается установленная мощность трансформаторов. Поперечная ёмкостная компенсация выполняется комплектными конденсаторными установками ККУ, которые устанавливаются рядом с трансформаторными подстанциями (ГПП).

Продольная ёмкостная компенсация

Выполняется последовательным соединением. В зависимости от соотношения между индуктивным и ёмкостным сопротивлениями возможны следующие случаи: $X_L > X_C$; $X_C > X_L$; $X_C = X_L$. При резонансе напряжений, в режиме короткого замыкания, ток к.з. может быть очень большим и напряжение на индуктивности и ёмкости недопустимо повышенное, поэтому в применяемых установках продольной компенсации, ёмкость выбирается из расчёта, чтобы ёмкостное напряжение $U_c = 5-20\% U_{ном}$. Поэтому ёмкость продольной компенсации компенсирует лишь часть мощности. Установки продольной компенсации практически не являются источником мощности. Главное назначение - частичная компенсация индуктивного сопротивления участков электросети, для уменьшения потери напряжения в них. Компенсация индуктивного сопротивления ёмкостью приводит к повышению токов короткого замыкания во всех элементов трансформаторной подстанции, что особенно опасно для самих конденсаторов. Для защиты конденсаторов, при сквозных токах к.з. применяется искровой сжигающийся разрядник.

Продольная компенсация применяется главным образом, как способ регулирования и стабилизации напряжения, а поперечная для повышения $\cos \varphi$.

Компенсация высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства

Способы снижения несинусоидальности напряжения можно разделить на три группы:

а) схемные решения: выделение нелинейных нагрузок на отдельную систему шин; рассредоточение нагрузок по различным узлам СЭС с подключением параллельно им электродвигателей, группирование преобразователей по схеме умножения фаз, подключение нагрузки к системе с большей мощностью,

б) использование фильтровых устройств, включение параллельно нагрузке узкополосных резонансных фильтров, включение фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) применение фильтросимметрирующих устройств (ФСУ),

применение быстродействующих статических источников реактивной мощности (ИРМ), содержащих ФКУ,

в) применение специального оборудования, характеризующегося пониженным уровнем генерации высших гармоник использование "ненасыщающихся" трансформаторов, применение многофазных преобразователей с улучшенными энергетическими показателями.

Развитие элементной базы силовой электроники и новых методов высокочастотной модуляции привело к созданию в 70-х годах нового класса устройств, улучшающих качество электроэнергии – **активных фильтров (АФ)**. Сразу же возникла классификация активных фильтров на последовательные и параллельные, а также на источники тока и напряжения, что привело к получению четырех базовых схем.

Каждая из четырех структур определяет схему фильтра на рабочей частоте: ключей в преобразователе и вид самих ключей (двунаправленный или однонаправленный ключ). В качестве накопителя энергии в преобразователе, служащем источником тока используется индуктивность, а в преобразователе, служащем источником напряжения используется емкость.

Известно, что сопротивление фильтра Z на частоте ω равно

$$Z = X_L - X_C = j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

При $X_L = X_C$ или $\omega L = (1/\omega C)$ на частоте ω наступает резонанс напряжений, означающий, что сопротивление фильтра для гармонической и составляющей напряжения с частотой ω равно нулю. При этом гармонические составляющие с частотой ω будут поглощаться фильтром и не проникать в сеть. На этом явлении основан принцип построения резонансных фильтров.

В сетях с нелинейными нагрузками возникают, как правило, гармоники канонического ряда, порядковый номер которых ν 3, 5, 7, ...

Учитывая, что $X_L\nu = X_L$, $X_C\nu = (X_C/\nu)$, где X_L и X_C – сопротивления реактора и конденсаторной батареи на основной частоте, получаем:

$$X_\phi = X_L + X_C = X_C(1 - 1/\nu^2)$$

Такой фильтр, который, помимо фильтрации гармоники, будет генерировать реактивную мощность, и компенсировать потери мощности в сети и напряжения, носит название **фильтрокомпенсирующего (ФКУ)**.

Если устройство, помимо фильтрации высших гармоник, выполняет функции симметрирования напряжения, то такое устройство называется **фильтро-симметрирующим (ФСУ)**. Конструктивно ФСУ представляют собой несимметричный фильтр, включенный на линейное напряжение сети. Выбор линейных напряжений, на которые подключаются фильтрующие цепи ФСУ, а также

соотношения мощностей конденсаторов, включенных в фазы фильтра, определяются условиями симметрирования напряжения.

Устройства типа ФКУ и ФСУ воздействуют одновременно на несколько показателей качества электрической энергии (несинусоидальность, несимметрия, отклонение напряжения). Такие устройства для повышения качества электрической энергии получили название многофункциональных оптимизирующих устройств (МОУ).

Целесообразность в разработке таких устройств возникла в связи с тем, что резкопеременные нагрузки типа дуговых сталеплавильных печей вызывают одновременное искажение напряжения по ряду показателей. Применение МОУ позволяет комплексно решать проблему обеспечения качества электроэнергии, т.е. одновременно по нескольким показателям.

К категории таких устройств относятся **быстродействующие статические источники реактивной мощности (ИРМ)**. По принципу регулирования реактивной мощности ИРМ можно разделить на две группы: **быстродействующие статические источники реактивной мощности прямой компенсации, быстродействующие статические источники реактивной мощности косвенной компенсации**. Такие устройства, обладая высоким быстродействием, позволяют снижать колебания напряжения. Пофазное регулирование и наличие фильтров обеспечивают симметрирование и снижение уровней высших гармоник.

Лабораторная установка для исследования показателей качества электрической энергии

Лабораторная установка состоит из отдельных блоков, моделирующих все параметры элементов энергосистемы в реальном времени. Это позволяет исследовать влияние различных возмущающих воздействий на энергосистему и ее элементы, а также исследовать эффективность различных способов для повышения качества электрической энергии.

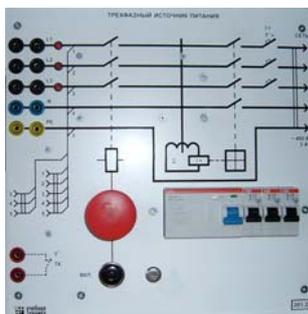
Трехфазный источник питания (ТИП.201.2 РЭ)

Назначение

Трехфазный источник питания предназначен для питания трехфазным и однофазным переменным током промышленной частоты функциональных блоков учебного лабораторного комплекса.

Порядок работы

1. Соедините гнезда "ТК" проводником.
2. Включите автоматический выключатель источника и устройство защитного отключения, если оно отключено.
3. Нажмите кнопку **ВКЛ**. При этом должны загореться светодиоды, сигнализируя о наличии выходных фазных напряжений источника, то есть о его включении.
4. Для снятия выходных напряжений (отключения) источника нажмите красную **кнопку-гриб**. При этом светодиоды должны погаснуть.
5. Для снятия выходных напряжений (отключения) источника отключите его автоматический выключатель.



Технические характеристики

Электропитание от трехфазной сети переменного тока с нулевым и защитным проводниками: напряжение (линейное), В; ток, А, не более; частота, Гц	380±38, 16, 50±0,5
Выходные: напряжение трехфазное (линейное), В; напряжение однофазное, В; ток, А, не более	380±38 220±22, 10
Устройства защиты	автоматический выключатель, устройство защитного отключения

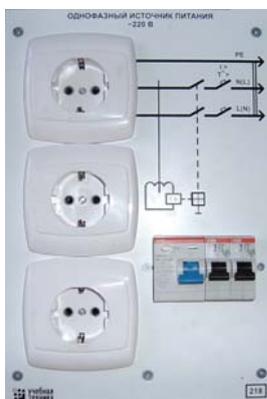
Однофазный источник питания (ОИП.218РЭ)

Назначение

Однофазный источник питания предназначен для питания однофазным переменным током промышленной частоты функциональных блоков учебного лабораторного комплекса.

Порядок работы

1. Включите автоматический выключатель источника и устройство защитного отключения, если оно отключено.
2. Для снятия выходных напряжений (отключения) источника отключите его автоматический выключатель.



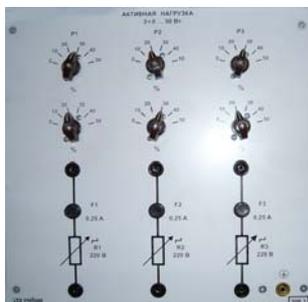
Технические характеристики

Электропитание от однофазной сети переменного тока с нулевым и защитным проводниками: напряжение, В ток, А, не более частота, Гц	 220±22 16 50±0,5
Выходные: напряжение, В ток, А, не более	 220±22 16
Устройства защиты	автоматический выключатель, устройство защитного отключения с током срабатывания 10 мА

Активная нагрузка (АН.306.1 РЭ)

Назначение

Активная нагрузка предназначена для моделирования однофазных и трехфазных потребителей активной мощности с регулированием вручную.



Порядок работы

1. Перед эксплуатацией нагрузки соедините ее гнездо защитного заземления, обозначенное символом “⊕”, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда нагрузки с внешними устройствами согласно электрической схеме соединений конкретного эксперимента.

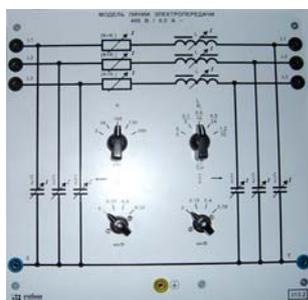
Технические характеристики

Потребляемая мощность, Вт, не более	3x50
Число фаз	3
Дискретность регулирования потребляемой мощности одной фазой, %	10
Номинальное напряжение, В	220
Номинальная частота напряжения, Гц	50
Защита фазы от перегрузки по току осуществляется предохранителем с номинальным током, А	0,25

Модель линии электропередачи (МЛЭ.313.2 РЭ)

Назначение

Модель линии электропередачи предназначена для моделирования линий электропередачи переменного и постоянного тока.



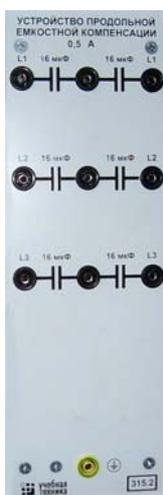
Порядок работы

1. Перед эксплуатацией модели соедините ее гнездо защитного заземления, обозначенное символом “⊕”, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда модели с внешними устройствами согласно схеме электрической соединений конкретного эксперимента.

Технические характеристики

Номинальное напряжение, В	220/380
Номинальный ток, А	0,5
Номинальная частота тока, Гц	50
Число фаз	3
Индуктивность/активное сопротивление фазы, Гн/Ом	0...1,5/0..50
Емкость между фазой и землей, мкФ	2x0...0,58

Устройство продольной емкостной компенсации (УПЕК.315.2 РЭ)



Назначение

Устройство продольной емкостной компенсации предназначено для моделирования продольного емкостного сопротивления.

Порядок работы

1. Перед эксплуатацией устройства соедините его гнездо защитного заземления, обозначенное символом “⊕”, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда устройства с внешними устройствами согласно схеме электрических соединений конкретного эксперимента.

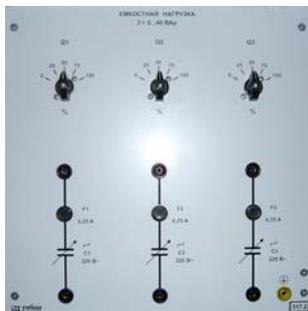
Технические характеристики

Емкость фазы, мкФ	2x16
Число фаз	3
Номинальный ток фазы, А	0,5
Номинальное напряжение изоляции фазы, В	400
Номинальная частота напряжения, Гц	50

Емкостная нагрузка (ЕН.317.2РЭ)

Назначение

Емкостная нагрузка предназначена для моделирования однофазных и трехфазных генераторов реактивной мощности с регулированием вручную.



Порядок работы

1. Перед эксплуатацией нагрузки соедините ее гнездо защитного заземления, обозначенное символом “⊕”, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда нагрузки с внешними устройствами согласно электрической схеме соединений конкретного эксперимента.

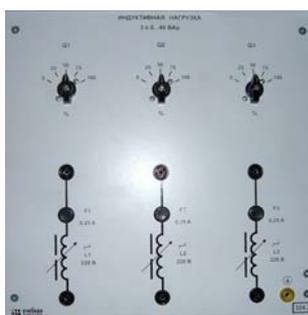
Технические характеристики

Генерируемая мощность, В Ар, не более	3x40
Число фаз	3
Дискретность регулирования потребляемой мощности одной фазой,	25
Номинальное напряжение, В	220
Номинальная частота напряжения, Ец	50
Защита фазы от перегрузки по току осуществляется предохранителем с номинальным током, А	0,25

Индуктивная нагрузка (ИН.324.2 РЭ)

Назначение

Индуктивная нагрузка предназначена для моделирования однофазных и трехфазных потребителей реактивной мощности с регулированием вручную.



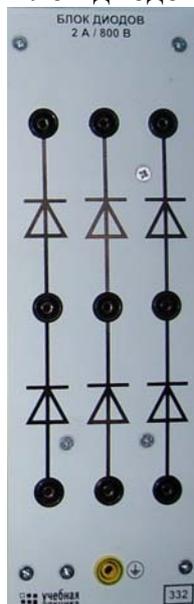
Порядок работы

1. Перед эксплуатацией нагрузки соедините ее гнездо защитного заземления, обозначенное символом “⊕”, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда нагрузки с внешними устройствами согласно электрической схеме соединений конкретного эксперимента.

Технические характеристики

Потребляемая мощность, ВАр, не более	3x40
Число фаз	3
Дискретность регулирования потребляемой мощности одной фазой, %	25
Номинальное напряжение, В	220
Номинальная частота напряжения, Гц	50
Защита фазы от перегрузки по току осуществляется предохранителем с номинальным током, А	0,25

Блок диодов (БД.332 РЭ)



Назначение

Блок диодов предназначен для натурального моделирования неуправляемых однофазных и трехфазных выпрямителей электрической энергии.

Порядок работы

1. Перед эксплуатацией блока соедините его гнездо защитного заземления, обозначенное символом "⊕", с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда блока между собой и с внешними устройствами согласно схеме электрической соединений конкретного эксперимента.

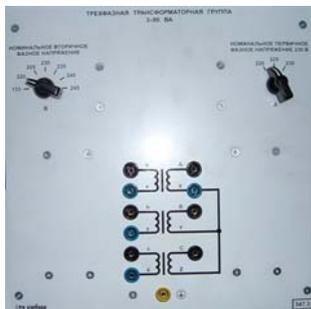
Технические характеристики

Количество диодов	6
Максимальное постоянное обратное напряжение диода, В	600
Максимальный средний прямой ток диода, А	2
Граничная частота напряжения диода, Гц	1000

Трехфазная трансформаторная группа (ТТГ.347.3 РЭ)

Назначение

Трехфазная трансформаторная группа предназначена для изменения напряжения в силовых цепях однофазного или трехфазного тока промышленной частоты.



Порядок работы

1. Перед эксплуатацией трансформаторной группы соедините ее гнездо защитного заземления, обозначенное символом "⊕", с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда трансформаторной группы с внешними устройствами согласно электрической схеме соединений конкретного эксперимента.

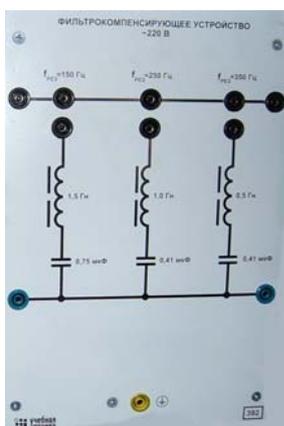
Технические характеристики

Количество однофазных трансформаторов	3
Номинальная мощность, ВА	3x80
Схема соединения первичной обмотки	Y_0
Номинальное первичное фазное напряжение, В	220/225/230
Номинальные вторичные фазные напряжения, В	133/220/225/230/235/240/245
Частота напряжения, Гц	$50 \pm 0,5$
Напряжение короткого замыкания, %	8
Ток холостого хода, А, не более	0,1

Фильтрокомпенсирующее устройство (ФКУ.392РЭ)

Назначение

Фильтрокомпенсирующее устройство предназначено для фильтрации 3-й, 5-й и 7-й гармоник тока, генерируемых нелинейной нагрузкой.



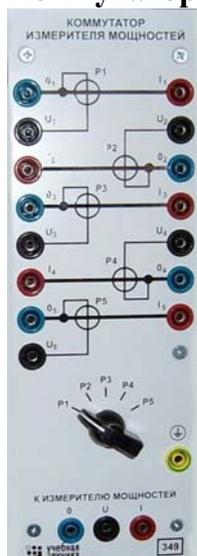
Порядок работы

1. Перед эксплуатацией устройства соедините его гнездо защитного заземления, обозначенное символом "⊕", с гнездом "РЕ" источника питания.
2. Соедините гнезда устройства с внешними устройствами согласно схеме электрической соединений конкретного эксперимента.

Технические характеристики

Количество L-С фильтров	3
Номинальное напряжение, В	220
Номинальная мощность конденсаторов, В Ар	23,9
Резонансные частоты, Гц	150/250/350
Частота первой гармоники напряжения, Гц	50±0,5

Коммутатор измерителя мощностей (КИМ.349 РЭ)



Назначение

Коммутатор измерителя мощностей предназначен для обеспечения возможности присоединения измерителя мощностей к различным точкам моделируемой электрической цепи без переборки последней.

Порядок работы

1. Перед эксплуатацией блока соедините его гнездо защитного заземления, обозначенное символом "⊕", с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда коммутатора с внешними устройствами согласно схеме электрической соединений конкретного эксперимента.

Технические характеристики

Количество коммутируемых каналов	5
----------------------------------	---

Измеритель мощностей (ИМ.507.2РЭ)



Назначение

Измеритель мощностей предназначен для измерения активной мощности в цепях постоянного тока, а также активной и реактивной мощностей в однофазных цепях переменного тока.

Порядок работы

Соедините гнезда измерителя с внешними устройствами согласно электрической схеме соединений конкретного эксперимента.

Технические характеристики

Электропитание от однофазной сети переменного тока с защитным проводником	
напряжение, В	220±22
частота, Гц	50±0,5
Потребляемая мощность, В А, не более	20
Пределы измерения:	
напряжение (постоянное/переменное), В	0...15/60/150/300/600
ток (постоянный/переменный), А	0...0,05/0,1/0,2/0,5/1
частота тока/напряжения, Гц	0... 10000
Пределы измерения мощности:	
активная, Вт	0...600
реактивная (в цепи синусоидального тока / напряжения),	0...600
Номинальный ток предохранителя в токовой цепи, А	1,6
Погрешность измерения, %, не более	±2,5

Трансформатор тока (ТТ.403.1 РЭ)

Назначение

Трансформатор тока предназначен для преобразования тока синусоидальной формы промышленной частоты в пропорциональный ему гальванически изолированный от сети нормированный ток.

Порядок работы

В качестве рабочего элемента использован трансформатор тока ТОП 0,66. Запрещается эксплуатация трансформатора тока при разомкнутой и незаземленной вторичной обмотке.

1. Перед эксплуатацией трансформатора тока соедините его гнездо защитного заземления, обозначенное символом "⊕", с гнездом "PE" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда трансформатора тока с внешними устройствами согласно схеме электрической соединений конкретного эксперимента.



Технические характеристики

Номинальное рабочее напряжение первичной обмотки, В	660
Номинальный ток первичной обмотки, А	1
Номинальный ток вторичной обмотки, А	1
Номинальная нагрузка, В А	5

Трансформатор напряжения (ТН.405РЭ)

Назначение

Трансформатор напряжения предназначен для преобразования напряжения синусоидальной формы промышленной частоты в пропорциональное ему гальванически изолированное от сети нормированное напряжение.

Порядок работы

В качестве рабочего элемента использован трансформатор напряжения ТПК-50. Запрещается эксплуатация трансформатора напряжения при короткозамкнутой вторичной обмотке.

1. Перед эксплуатацией трансформатора напряжения соедините его гнездо защитного заземления, обозначенное символом “⊕”, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда трансформатора напряжения с внешними устройствами согласно схеме электрической соединений конкретного эксперимента.



Технические характеристики

Класс напряжения, В	660
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	380
Номинальное напряжение вторичной обмотки, В	380/220
Номинальная частота, Гц	50
Класс точности	1,0
Номинальная мощность, В А	5
Предельная мощность, В А	12,5
Погрешность по напряжению при предельной мощности, % не более	4

Блок мультиметров (БМ.508.2РЭ)

Назначение

Блок мультиметров предназначен для измерения активного сопротивления элементов электрической цепи, токов и напряжений в этой цепи.

Порядок работы

1. Соедините гнезда с внешними устройствами согласно схеме электрической соединений конкретного эксперимента.
2. Включите выключатель "СЕТЬ".
3. Включите используемые в эксперименте мультиметры.
4. С помощью переключателей мультиметров устанавливайте пределы и виды измеряемых параметров.
5. Отсчет показаний производите с дисплеев мультиметров.
6. Для выведения блока мультиметров из работы отключите выключатель "СЕТЬ".



Технические характеристики

Электропитание от однофазной сети переменного тока с защитным проводником: напряжение, В частота, Гц	220±22 50+0,5
Потребляемая мощность, ВА, не более	20
Количество мультиметров	3
Тип мультиметра	МУ-60

Измеритель параметров и показателей качества электроэнергии (ИПП-КЭ.525 РЭ)

Назначение

Измеритель параметров и показателей качества электроэнергии ИППКЭ1 предназначен для одновременного учета активной и реактивной электроэнергии, протекающей в обоих направлениях, синхронной регистрации показателей качества электрической энергии (установленных ГОСТ 13109-97, кроме фликера), регистрации аварийных и переходных режимов, а также управления другими автоматизированными подсистемами в темпе процесса в соответствии с заданными законами управления.



Порядок работы

На лицевой панели размещены собственно измеритель параметров и показателей качества электроэнергии типа **ЭРИС-КЭ.06** и гнезда для присоединения внешних устройств.

1. Перед эксплуатацией измерителя соедините его гнездо защитного заземления, обозначенное символом “⊕”, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания.
2. Соедините гнезда измерителя с внешними устройствами согласно электрической схеме соединений конкретного эксперимента.

Технические характеристики

Вид преобразователя	Электронный
Номинальное линейное напряжение, В	380
Номинальный ток, А	5
Частота измерительной сети, Гц	47...53
Класс точности	0,5

**ЭРИС-КЭ.06 Счетчик активной и реактивной электроэнергии трехфазный.
Измеритель показателей качества электрической энергии.**



Принятые обозначения и сокращения

АР	архивная информация;	РО	устройство обработки результатов измерений;
АРУ	автоматическая регулировка усиления;	СО	средства отображения;
АЦП	аналого-цифровой преобразователь;	СИ	средства измерения;
АЦД	алфавитно-цифровой дисплей;	ТИ	текущая информация;
БАИ	блок анализа импульсов напряжения;	ТН	трансформатор напряжения;
БВЦ	блок входных цепей;	ТТ	трансформатор тока;
ВУ	входное устройство;	СП	сигнальный процессор;
ИП	источник питания;	ФАПЧ	устройство фазовой автоматической подстройки частоты;
ИС	интерфейс;	ЦП	центральный процессор;
КЭ	качество электрической энергии;	ЭНП	энергонезависимая память;
ПКЭ	показатели качества электрической энергии;	РС	персональный компьютер (personal computer).

Назначение измерителя

Измеритель ЭРИС-КЭ.06 предназначен для одновременного учета активной и реактивной электроэнергии, синхронной регистрации показателей качества электрической энергии (ПКЭ), регистрации аварийных и переходных режимов, управления другими автоматизированными подсистемами.

Измеритель ЭРИС-КЭ.06 фиксирует все основные показатели качества электроэнергии, установленные ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» (кроме фликера) в соответствии с требованиями данного ГОСТа, в том числе:

- отклонение частоты;
- отклонение напряжения;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности;
- длительность провала напряжения;
- импульсное напряжение;
- коэффициент временного перенапряжения.

Параллельно с учетом электроэнергии и регистрацией ПКЭ предусмотрены следующие функциональные возможности:

- режим цифрового осциллографа, предназначенный для фиксации мгновенных значений токов и напряжений на интервале до 60 периодов основной частоты, при возникновении аварийных и переходных режимов в сети. Регистрируются мгновенные значения 3-х напряжений и 3-х токов с дискретностью 64 точки на период основной частоты в виде блоков по 60 периодов непрерывно. Регистрируются 2 периода до начала запуска режима запоминания блока и 58 периодов после него. Режим фиксации включается, когда действующее значение за полпериода в любой фазе снизится ниже порогового значения начала регистрации $U_{ц0_н}$, либо выше порогового значения $U_{ц0_в}$. Величины $U_{ц0_н}$ и $U_{ц0_в}$ задаются пользователем в виде уставок. Каждый блок содержит информацию о дате и времени начала его регистрации. Архив «цифрового осциллографа» содержит 10 блоков с последними регистrogramмами, обновляемыми по кольцевому принципу;
- режим регистрации периодных действующих значений напряжений и токов основной частоты во всех 3-х фазах на интервале до 60 секунд при возникновении провалов напряжения или перенапряжений. Режим фиксации включается, когда действующее значение за 1 период в любой фазе снизится ниже порогового $U_{пп_н}$, либо выше порогового значения $U_{пп_в}$. Величины

Упп_н и Упп_в задаются пользователем в виде уставок. Каждый блок содержит информацию о дате и времени начала его регистрации. Архив периодических значений содержит 10 блоков с последними регистрограммами, обновляемыми по кольцевому принципу;

- режим регистрации минутных значений токов, напряжений, активных и реактивных мощностей основной частоты во всех трех фазах в виде одного блока непрерывной регистрации в течение последних 34 суток. Архив минутных значений состоит из одного блока, который обновляется по кольцевому принципу. Питание измерителя осуществляется от контролируемой электрической сети.

Технические характеристики

1. Измеритель имеет три канала измерения напряжения, для номинальных значений или 220, или 100 или 57,735 В, и три канала для измерения тока при номинальных значениях 5 А.
2. Измеритель обеспечивает измерение характеристик, в трехфазных электрических сетях и системах электроснабжения с заземленной и изолированной нейтралью с номинальной частотой 50 Гц. Для сетей с заземленной нейтралью (220/380 В, 110 кВ и выше) величины энергий (мощностей) определяются как сумма их соответствующих 3-х однофазных энергий (мощностей) в каждой фазе.
3. Для сетей с заземленной нейтралью (6-10-35 кВ) величины энергий (мощностей) определяются как сумма их соответствующих 2-х межфазных энергий (мощностей) на 2-х измеряемых линейных напряжениях.
4. Каналы измерения напряжений могут подключаться непосредственно к сети с номинальным напряжением 220 В, либо через измерительные трансформаторы напряжения (ТН) 100 или 57,735 В, для сетей с номинальным напряжением 6 кВ и выше.
5. Измеритель осуществляет измерение усредненных значений характеристик на фиксированных временных интервалах (интервалы усреднения). Диапазоны измерений, пределы допускаемых значений погрешностей при измерении и интервалы усреднения приведены в таблице 4.
6. Измеритель обеспечивает свои характеристики при следующих условиях:
амплитудное значение напряжения В, не более 390;
амплитудное значение тока А, не более 10.
7. Измеритель содержит часы и обеспечивает отображение реального времени (часы, минуты, секунды) и календаря (день, месяц, год).

Таблица 4. Номенклатура измеряемых характеристик и метрологические характеристики

Наименование измеряемой величины	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности		Интервал усреднения	
		Абсолютной	Отн, %		
1 Установившееся отклонение напряжения ΔU_v , %	-20 - +20	$\pm 0,2$	-	60	
2 Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U , %	0,1- 15	$\pm 0,05$ при $K_U < 1$	± 5 при $K_U \geq 1$	3	
3 Коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения для n от 2 до 40 $K_{U(n)}$, %	0 – 10 для $n < 16$ 0 – 5 для $n < 30$ 0 – 2 для $n \geq 30$	$\pm 0,05$ при $K_{U(n)} < 1$	± 5 при $K_{U(n)} \geq 1$	3	
4 Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} , %	0,1 - 15	$\pm 0,2$	-	3	
5 Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} , %	0,1 - 15	$\pm 0,2$	-	3	
6 Отклонение частоты Δf , Гц	-3 - +3	$\pm 0,02$	-	20	
7 Амплитуда импульса напряжения $U_{имп}$, кВ	грозовой	1 – 6,0	-	± 10	3
	коммутационный	1 – 4,5	-	± 10	3
8 Длительность импульса $\Delta t_{имп}$, мкс	грозовой	5...50	-	± 10	3
	коммутационный	50...2000	-	± 10	3
9 Коэффициент временного перенапряжения $K_{пер U}$	1,1 - 1,2	-	± 10	3	
10 Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{пер U}$, с	0,01 - 60	$\pm 0,01$	-	3	
11 Глубина провала напряжения, %	10-90	-	± 2	3	
12 Длительность провала напряжения $\Delta t_{п}$, с	0,01 - 60	$\pm 0,01$	-	3	
13 Действующее значение напряжения U , В	$(0,8 - 1,2) \cdot U_{ном}$	-	$\pm 0,2$	3	
14 Действующее значение тока I , А	$(0,02 - 1,2) \cdot I_{ном}$	-	$\pm 0,2$	3	
15 Активная, реактивная мощности P ; Q кВт, кВАр	$(0,01-1,2) U_{ном} I_{ном}$	-	0,5	3	
16 Активная, реактивная энергия с учетом всех искажений WPS ; WQS кВт·ч, кВАр·ч	До 10^9	-	0,5	3	
17 Активная, реактивная энергия основной частоты WPI ; WQI кВт·ч, кВАр·ч	До 10^9	-	0,5	3	

Наименование измеряемой величины	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности		Интервал усреднения
		Абсолютной	Отн, %	
18 Фазовый угол сдвига между напряжением и током основной частоты φ_{UI}	-180 ° ...+180°	±3	-	3

8. Измеритель обеспечивает вычисление интегральной величины скидок - надбавок к тарифу за ненормативную величину ПКЭ и стоимость потребленной электроэнергии, как с учетом зафиксированных ПКЭ, так и без их учета по итогам каждого календарного месяца.

9. Предусмотрена стыковка с ПЭВМ или другими автоматизированными системами и установками. Измеритель оборудован 2-мя независимыми каналами связи RS-485.

10. Измеритель обеспечивает отображение на встроенном алфавитно-цифровом (АЦД) дисплее и ПЭВМ текущих (ТИ) и архивных (АР) результатов измерений, содержит встроенный независимый источник питания, позволяющий прибору сохранять измеренные значения при исчезновении питания.

11. Имеется возможность одновременного и независимого использования одной АСКУЭ двумя независимыми пользователями.

В течение суток возможно задавать тарифы для каждого получаса.

12. АСКУЭ контролирует не только величины отпущенной или потребленной электроэнергии, но и заданные режимные параметры в течение суток, например, реальные графики регулирования напряжений, показатели качества электроэнергии и т.д.

13. При работе в составе АСКУЭ прибор может по запросу, в режиме «реального времени», выдавать текущие значения токов и напряжений, позволяет контролировать отключение линий и секций шин, на которых он установлен.

Управление измерителем осуществляется с помощью встроенной 16-клавишной клавиатуры, или с компьютера.

В режиме просмотра текущих измерений на измерителе или компьютере ВЫВОДится информация об измеренных параметрах:

- напряжение (или ток) по выбранной фазе: А, В, С
 $U = xxx \text{ В}$, действующее значение U
 $dU = xxx \text{ В}$, отклонение U абсолютное
 $\sigma U = xxx \%$, отклонение U относительное
- частота

$f = \text{xxx}$ Гц, действующее значение f
 $df = \text{xxx}$ Гц, отклонение f абсолютное
 $\sigma f = \text{xxx}$ %, отклонение f относительное

- гармоники по напряжению, от 2 до 40 по выбранной фазе: А, В, С
Номер гармоники: xxx
Значение: xxx %
- коэффициент несинусоидальности по напряжению по выбранной фазе: А, В, С – $KU = \text{xxx}$ %
- - коэффициент несимметрии по обратной последовательности - $K2 = \text{xxx}$ %
- - коэффициент несимметрии по нулевой последовательности - $K0 = \text{xxx}$ %
- - активная мощность, суммарная и по каждой выбранной фазе: А, В, С - $P = \text{xxx}$ кВт
- - реактивная мощность, суммарная и по каждой выбранной фазе: А, В, С - $Q = \text{xxx}$ кВАр
- - активная полная энергия, суммарная и по каждой выбранной фазе: А, В, С – $WPS = \text{xxx}$ кВт/ч
- - реактивная полная энергия, суммарная и по каждой выбранной фазе: А, В, С – $WQS = \text{xxx}$ кВАр/ч
- - активная энергия по основной частоте - $WP1 = \text{xxx}$ кВт/ч
- - реактивная энергия по основной частоте - $WQ1 = \text{xxx}$ кВАр/ч
- - фазовые углы сдвига напряжений и токов, относительно вектора напряжения фазы А, который принимается равным нулю.

На компьютере отображается: схема включения; опорное напряжение; коэффициент трансформации по току.

С клавиатуры прибора отображаются архивные записи: архив 30 минут, архив суток, архив месяцев, архив провалов, архив превышений, архив импульсов

С управляющего компьютера отображаются архивы:

- **архив цифрового осциллографа**
- **архив периодных значений токов, напряжений и мощностей**
- **архив минутных значений токов, напряжений и мощностей**
- **архив потребленной WPS, WQS, WP1, WQ1**, который разбит на 3 отдельные таблицы – получасовые, суточные и месячные значения. В таблице получасовых значений содержатся результаты получасовок за 2 месяца. В таблице суточных значений- результаты электропотребления по суткам, за 2 месяца. Таблица месячных значений содержит 2 строки, соответствующие количеству учитываемых месяцев. Общий объем информации во всех таблицах- 2 месяца. Все таблицы разбиты на 8 столбцов.

WPS	ΔWPS	WQS	ΔWQS	WP1	$\Delta WP1$	WQ1	$\Delta WQ1$
Текущее значение потребляемой активной энергии со всеми мощностями искажений на конец данного получаса (суток, месяца)	Величина этой потребленной энергии за данные полчаса (сутки, месяц)	Текущее значение потребляемой реактивной энергии со всеми мощностями искажений на конец данного получаса (суток, месяца)	Величина этой потребленной энергии за данные полчаса (сутки, месяц)	Текущее значение потребляемой активной энергии по основной частоте на конец данного получаса (суток, месяца)	Величина этой потребленной энергии за данные полчаса (сутки, месяц)	Текущее значение потребляемой реактивной энергии по основной частоте на конец данного получаса (суток, месяца)	Величина этой потребленной энергии за данные полчаса (сутки, месяца)

➤ Получасовые архивы (по суткам)

Предусмотрено шесть типов блоков в получасовом архиве:

- (1) основной, где содержится информация о суточном электропотреблении и стоимости потребленной электроэнергии с учетом и без учета ПКЭ;
- (2) блок частоты Δf , где содержатся ПКЭ по частоте и стоимость потребленной электроэнергии с учетом этого ПКЭ;
- (3) блок отклонение напряжения δU , где содержатся ПКЭ по частоте и стоимость потребленной электроэнергии с учетом этого ПКЭ;
- (4) блок обратной последовательности $K2$, где содержатся данные об этом ПКЭ и стоимость потребленной электроэнергии с его учетом;
- (5) блок нулевой последовательности $K0$, где содержатся данные об этом ПКЭ и стоимость потребленной электроэнергии с его учетом;
- (6) блок несинусоидальность-гармоники KU , где содержатся данные об этом ПКЭ и стоимость потребленной электроэнергии с его учетом;

1. Основной получасовой архив (блок)

Таблица содержит следующие столбцы.

- ΔWP_I – активная электроэнергия, потребленная за текущие полчаса (МВт*ч).
- CP_I - тариф за активную электроэнергию в данной зоне суток (руб/кВт*ч).
- $Ст_P_I$ – стоимость активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса без учета ПКЭ (тыс.руб.).

- $\Delta W P_{I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа (МВт*ч).
- $\Delta C t_{P_ \Sigma I}$ – суммарная величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия всех ПКЭ (тыс.руб./ %).
- $\Delta W Q_{I}$ – реактивная электроэнергия, потребленная за текущие полчаса (Мвар*ч).
- $C Q_{I}$ - тариф за реактивную электроэнергию в данной зоне суток (руб/кВАр*ч).
- $C t_{Q_{I}}$ – стоимость активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса без учета ПКЭ (тыс.руб.).
- $\Delta W Q_{I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа (МВт*ч).
- $\Delta C t_{Q_{\Sigma I}}$ – суммарная величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия всех ПКЭ (тыс.руб./ %).

2. Получасовой архив Δf (частота)

- $\Delta f_{cp_{I}}$ – среднее значение отклонения частоты за период получаса (Гц).
- $\Delta f_{макс_{I}}$ – максимальное значение частоты за период получаса (Гц).
- $\Delta f_{мин_{I}}$ – минимальное значение частоты за период получаса (Гц).
- $T1f_{в_{I}}$ – процент выхода значений отклонения частоты за верхнюю нормально допустимую границу за текущие полчаса (%).
- $T2f_{в_{I}}$ – процент выхода значений отклонения частоты за верхнюю максимально допустимую границу за текущие полчаса (%).
- $T1f_{н_{I}}$ – процент выхода значений отклонения частоты за нижнюю нормально допустимую границу за текущие полчаса (%).
- $T2f_{н_{I}}$ – процент выхода значений отклонения частоты за нижнюю максимально допустимую границу за текущие полчаса (%).
- $\Delta W P_{\Delta f_{T1_{I_HK}}}$ - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия частоты по **T1** (МВт*ч).
- $\Delta C t_{P_{\Delta f_{T1_{I}}}}$ – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия частоты по **T1** (тыс.руб./ %).
- $\Delta W P_{\Delta f_{T2_{I_HK}}}$ - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия частоты по **T2** (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_P_Df_T2_I}$ – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия частоты по **T2** (тыс.руб./ %).

- $\Delta W_{P_Df_ \Sigma_I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия частоты по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_P_Df_ \Sigma_I}$ – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия частоты, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).

- $\Delta W_{Q_Df_ T1_I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия частоты по **T1** (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_Q_Df_ T1_I}$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия частоты по **T1** (тыс.руб./ %).

- $\Delta W_{Q_Df_ T2_I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия частоты по **T2** (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_Q_Df_ T2_I}$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия частоты по **T2** (тыс.руб./ %).

- $\Delta W_{Q_Df_ \Sigma_I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия частоты по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_Q_Df_ \Sigma_I}$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия частоты, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %)

Комментарий

T1f_vI, **T2f_vI**, **T1f_nI**, **T2f_nI** - время превышения (в % относительно текущего получаса) ПКЭ выше соответственно нормально допустимого и максимально допустимого значений за каждый получасовой интервал. Их сумма за сутки дает суточные значения **T1** и **T2** в % относительно суток:

$$T1f_{vJ} = \Sigma (T1f_{vI}) / 48 ;$$

$$T1f_{nJ} = \Sigma (T1f_{nI}) / 48 ;$$

$$T2f_{vJ} = \Sigma (T2f_{vI}) / 48 ;$$

$$T2f_{nJ} = \Sigma (T2f_{nI}) / 48 ;$$

(сумма за все получасовые интервалы, приведенные к суткам)

3. Получасовой архив δU (отклонения напряжения)

- $\delta U_{\text{ср}}_I$ – среднее значение отклонения напряжения за период получаса (%).

- $\delta U_{\text{макс}}_I$ – максимальное значение отклонения напряжения за период получаса (%).

- $\delta U_{\text{мин}}_I$ – минимальное значение отклонения напряжения за период получаса (%).

- $T1U_{\text{в}}_I$ – процент выхода значений отклонения напряжения за верхнюю нормально допустимую границу за текущие полчаса (%).

- $T2U_{\text{в}}_I$ – процент выхода значений отклонения напряжения за верхнюю максимально допустимую границу за текущие полчаса (%).

- $T1U_{\text{н}}_I$ – процент выхода значений отклонения напряжения за нижнюю нормально допустимую границу за текущие полчаса (%).

- $T2U_{\text{н}}_I$ – процент выхода значений отклонения напряжения за нижнюю максимально допустимую границу за текущие полчаса (%).

- $\Delta WP_{\delta U}_{T1}_I_{\text{НК}}$ - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия отклонения напряжения по **T1** (МВт*ч).

- $\Delta \text{Ст}_P_{\delta U}_{T1}_I$ – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия отклонения напряжения по **T1** (тыс.руб./ %).

- $\Delta WP_{\delta U}_{T2}_I_{\text{НК}}$ - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия отклонения напряжения по **T2** (МВт*ч).

- $\Delta \text{Ст}_P_{\delta U}_{T2}_I$ – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия отклонения напряжения по **T2** (тыс.руб./ %).

- $\Delta WP_{\delta U}_{\Sigma}_I_{\text{НК}}$ - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия отклонения напряжения по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

- $\Delta \text{Ст}_P_{\delta U}_{\Sigma}_I$ – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия отклонения напряжения, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).

- $\Delta WQ_{\delta U}_{T1}_I_{\text{НК}}$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия отклонения напряжения по **T1** (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_Q_}\delta U_{T1_I}$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия отклонения напряжения по **T1** (тыс.руб./ %).

- $\Delta W_{Q_}\delta U_{T2_I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия отклонения напряжения по **T2** (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_Q_}\delta U_{T2_I}$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия отклонения напряжения по **T2** (тыс.руб./ %).

- $\Delta W_{Q_}\delta U_{\Sigma_I_HK}$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия отклонения напряжения по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

- $\Delta C_{T_Q_}\delta U_{\Sigma_I}$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия отклонения напряжения, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).

Комментарий

$T1U_{в_I}$, $T2U_{в_I}$, $T1U_{н_I}$, $T2U_{н_I}$ - время превышения (в % относительно текущего получаса) ПКЭ выше соответственно нормально допустимого и максимально допустимого значений за каждый получасовой интервал. Их сумма за сутки дает суточные значения **T1** и **T2** в % относительно суток:

$$T1U_{в_J} = \Sigma (T1U_{в_I}) / 48 ;$$

$$T1U_{н_J} = \Sigma (T1U_{н_I}) / 48 ;$$

$$T2U_{в_J} = \Sigma T(2U_{в_I} /)48 ;$$

$$T2U_{н_J} = \Sigma T(2U_{н_I} /)48 ;$$

(сумма за все получасовые интервалы, приведенная к суткам)

4. Получасовой архив **K2** (обратная последовательность)

-**K2_ср_I** – среднее значение коэффициента обратной последовательности за период получаса (%).

-**K2_макс_I** – максимальное значение коэффициента обратной последовательности за период получаса (%).

-**K2_мин_I** – минимальное значение коэффициента обратной последовательности за период получаса (%).

-**T1_K2_I** – процент выхода значений коэффициента обратной последовательности за нормально допустимую границу за текущие полчаса (%).

-**T2_K2_I** – процент выхода значений коэффициента обратной последовательности за максимально допустимую границу за текущие полчаса (%).

-ΔWP_K2_T1_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T1** (МВт*ч).

-ΔСт_P_K2_T1_I – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T1** (тыс.руб./ %).

-ΔWP_K2_T2_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T2** (МВт*ч).

-ΔСт_P_K2_T2_I – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T2** (тыс.руб./ %).

-ΔWP_K2_Σ_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

-ΔСт_P_K2_Σ_I – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).

-ΔWQ_K2_T1_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T1** (МВт*ч).

-ΔСт_Q_K2_T1_I – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T1** (тыс.руб./ %).

-ΔWQ_K2_T2_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T2** (МВт*ч).

-ΔСт_Q_K2_T2_I – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T2** (тыс.руб./ %).

-ΔWQ_K2_Σ_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

-ΔСт_Q_K2_Σ_I – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента обратной последовательности, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %);

Комментарий

T1_K2_I, **T2_K2_I**, - время превышения (в % относительно текущего получасового интервала) ПКЭ выше соответственно нормально допустимого и максимально допустимого значений за каждый получасовой интервал. Их сумма за сутки дает суточные значения T1 и T2 в % относительно суток:

$$\mathbf{T1_K2_J} = \Sigma (\mathbf{T1_K2_I}) / 48 ;$$

$$\mathbf{T2_K2_J} = \Sigma (\mathbf{T2_K2_I}) / 48;$$

(сумма за все получасовые интервалы, приведенные к суткам)

5. Получасовой архив K0 (нулевая последовательность)

-K0_ср_I – среднее значение коэффициента нулевой последовательности за период получаса (%).

-K0_макс_I – максимальное значение коэффициента нулевой последовательности за период получаса (%).

-K0_мин_I – минимальное значение коэффициента нулевой последовательности за период получаса (%).

-T1_K0_I – процент выхода значений коэффициента нулевой последовательности за нормально допустимую границу за текущие полчаса (%).

-T2_K0_I – процент выхода значений коэффициента нулевой последовательности за максимально допустимую границу за текущие полчаса (%).

-ΔWP_K0_T1_I_НК - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T1** (МВт*ч).

-ΔСт_P_K0_T1_I – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T1** (тыс.руб./ %).

-ΔWP_K0_T2_I_НК - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T2** (МВт*ч).

-ΔСт_P_K0_T2_I – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T2** (тыс.руб./ %).

-ΔWP_K0_Σ_I_НК - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

-ΔСт_P_K0_Σ_I – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).

-ΔWQ_K0_T1_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T1** (МВт*ч).

-ΔСт_Q_K0_T1_I – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T1** (тыс.руб./ %).

-ΔWQ_K0_T2_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T2** (МВт*ч).

-ΔСт_Q_K0_T2_I – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T2** (тыс.руб./ %).

-ΔWQ_K0_Σ_I_HK - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

-ΔСт_Q_K0_Σ_I – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента нулевой последовательности, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).

Комментарий

T1_K0_I, T2_K0_I, - время превышения (в % относительно текущего получасового интервала) ПКЭ выше соответственно нормально допустимого и максимально допустимого значений за каждый получасовой интервал. Их сумма за сутки дает суточные значения T1 и T2 в % относительно суток:

$$T1_K0_J = \Sigma (T1_K0_I) / 48 ;$$

$$T2_K0_J = \Sigma (T2_K0_I) / 48 ;$$

(сумма за все получасовые интервалы, приведенные к суткам)

6. Получасовой архив KU (несинусоидальность-гармоники)

-KU_ср_I – среднее значение коэффициента несинусоидальности за период получаса (%).

-KU_макс_I – максимальное значение коэффициента несинусоидальности за период получаса (%).

-KU_мин_I – минимальное значение коэффициента несинусоидальности за период получаса (%).

-T1_KU_I – процент выхода значений коэффициента несинусоидальности за нормально допустимую границу (%).

- T1_KU(i)_max_I** – максимальный процент выхода значений коэффициента гармоник за нормально допустимую границу (%).
- Ni_T1_max_I** – номер гармоники с максимальной величиной T1.
- T1_KU_Σ_I** – итоговый максимальный из значений коэффициента несинусоидальности и коэффициентов гармоник процент выхода за нормально допустимую границу (%).
- T2_KU_I** – процент выхода значений коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник за максимально допустимую границу (%).
- T2_KU(i)_max_I** – максимальный процент выхода значений коэффициента гармоник за максимально допустимую границу (%).
- Ni_T2_max_I** – номер гармоники с максимальной величиной T2.
- T2_KU_Σ_I** – итоговый максимальный из значений коэффициента несинусоидальности и коэффициентов гармоник процент выхода за максимально допустимую границу (%).
- ΔWP_KU_T1_I_HK** - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T1** (МВт*ч).
- ΔСт_P_KU_T1_I** – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T1** (тыс.руб./ %).
- ΔWP_KU_T2_I_HK** - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T2** (МВт*ч).
- ΔСт_P_KU_T2_I** – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T2** (тыс.руб./ %).
- ΔWP_KU_Σ_I_HK** - количество потребленной за текущие полчаса активной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).
- ΔСт_P_KU_Σ_I** – величина уменьшения стоимости активной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).
- ΔWQ_KU_T1_I_HK** - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоот-

ветствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T1** (МВт*ч).

- $\Delta St_Q_KU_T1_I$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T1** (тыс.руб./ %).

- $\Delta WQ_KU_T2_I_HK$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T2** (МВт*ч).

- $\Delta St_Q_KU_T2_I$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T2** (тыс.руб./ %).

- $\Delta WQ_KU_Σ_I_HK$ - количество потребленной за текущие полчаса реактивной электроэнергии, не соответствующей требованиям ГОСТа за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник по **T1** и **T2** вместе (МВт*ч).

- $\Delta St_Q_KU_Σ_I$ – величина уменьшения стоимости реактивной электроэнергии, потребленной за текущие полчаса, за счет несоответствия коэффициента несинусоидальности и коэффициентам гармоник, суммарная по **T1** и **T2** (тыс.руб./ %).

Комментарий

T1_KU_I, **T2_KU_I**, - время превышения (в % относительно текущего получаса) ПКЭ выше соответственно нормально допустимого и максимально допустимого значений за каждый получасовой интервал. Их сумма за сутки дает точные значения **T1** и **T2** в % относительно суток:

$$T1_KU_J = \Sigma (T1_KU_I) / 48 ;$$

$$T2_KU_J = \Sigma (T2_KU_I) / 48 ;$$

(сумма за все получасовые интервалы для коэффициента несинусоидальности, приведенная к суткам)

- Суточные архивы (по месяцам)
- Месячные архивы (по годам)
- Краткое отображение месячных результатов электропотребления

Измеритель обеспечивает задание оперативных уставок.

Все задаваемые параметры вводятся непосредственно на приборе с помощью клавиатуры или программным путем с ПЭВМ. Предусмотрена возмож-

ность просмотра этих параметров на дисплее прибора и через ПЭВМ. Задание **всех** установочных защищено паролем с целью предотвращения несанкционированного доступа и фиксируется внутри прибора в «энергонезависимой» области памяти для обеспечения возможности дополнительного контроля.

-CP_I [48], CQ_I [48] - тарифы за активную и реактивную электроэнергию для каждого получасового интервала в течение суток (руб/кВт*ч, кВАр*ч), действующие в настоящее время.

-CP_I_n [48], CQ_I_n [48] - новые тарифы за активную и реактивную электроэнергию для каждого получасового интервала в течение суток (руб/кВт*ч, кВАр*ч).

-D_tr_n - дата введения в действие новых тарифов (год, месяц, день).

Комментарий. В начале каждых суток (после завершения 48-го получаса) проверяется, совпадает ли дата текущих новых суток с **D_tr_n**. Если нет - расчеты продолжаются без изменений. Если совпадают, значения новых тарифов присваиваются действующим тарифам и расчет продолжается уже с новыми тарифами. Переменная **D_tr_n** при этом обнуляется.

-СкP_Df_T1 , СкP_δU_T1 , СкP_KU_T1 , СкP_K2_T1 , СкP_K0_T1 - величины действующих в настоящее время скидок (надбавок) к тарифу за потребленную активную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии ПКЭ по Т1. Т.е., на сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если Т1 превышает 5 %.

-СкP_Df_T2 , СкP_δU_T2 , СкP_KU_T2 , СкP_K2_T2 , СкP_K0_T2 - величины действующих в настоящее время скидок (надбавок) к тарифу за потребленную активную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии ПКЭ по Т2. Т.е., Т.е., на сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если Т2 превышает 0 % .

-СкQ_Df_T1 , СкQ_δU_T1 , СкQ_KU_T1 , СкQ_K2_T1 , СкQ_K0_T1 - величины действующих в настоящее время скидок (надбавок) к тарифу за потребленную реактивную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии

ПКЭ по Т1. Т.е., на сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если Т1 превышает 5 %.

-СкQ_Δf_T2, СкQ_δU_T2, СкQ_KU_T2, СкQ_K2_T2, СкQ_K0_T2 - величины действующих в настоящее время скидок скидков (надбавок) к тарифу за потребленную реактивную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии ПКЭ по Т2. Т.е., Т.е., на сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если Т2 превышает 0 %.

-Δf_1_в, Δf_2_в, Δf_1_н, Δf_2_н - величины нормально допустимого и максимально допустимого значений отклонений частоты для верхней границы и нижней границы (Гц).

-δU_1_в_нб, δU_2_в_нб, δU_1_н_нб, δU_2_н_нб - величины действующих в настоящее время скидок нормально допустимого и максимально допустимого значений отклонений напряжения для верхней границы и нижней границы (%) для режимов наибольшей нагрузки.

-δU_1_в_нм, δU_2_в_нм, δU_1_н_нм, δU_2_н_нм - величины действующих в настоящее время скидок нормально допустимого и максимально допустимого значений отклонений напряжения для верхней границы и нижней границы (%) для режимов наименьшей нагрузки.

-(Т1н_нб, Т1к_нб), (Т2н_нб, Т2к_нб) - 2 границы действующих в настоящее время зон (кратные интервалу в 0,5 часа – час., мин.) для наибольшей нагрузки. Все остальное время суток соответствует наименьшей нагрузке.

-KU_1, KU_2 - величины нормально допустимого и максимально допустимого значений коэффициента несинусоидальности (%).

-K2_1, K2_2 - величины действующих в настоящее время скидок нормально допустимого и максимально допустимого значений коэффициента несимметрии по обратной последовательности (%).

-K0_1, K0_2 - величины действующих в настоящее время скидок нормально допустимого и максимально допустимого значений коэффициента несимметрии по нулевой последовательности (%).

-СкP_Δf_T1_н, СкP_δU_T1_н, СкP_KU_T1_н, СкP_K2_T1_н, СкP_K0_T1_н - величины новых скидок (надбавок) к тарифу за потребленную активную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии ПКЭ по Т1. Т.е., на

сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если T1 превышает 5 %.

-СкР_Δf_T2_n , СкР_δU_T2_n , СкР_KU_T2_n , СкР_K2_T2_n , СкР_K0_T2_n - величины новых скидков (надбавок) к тарифу за потребленную активную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии ПКЭ по T2. Т.е., Т.е., на сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если T2 превышает 0 %.

-СкQ_Δf_T1_n , СкQ_δU_T1_n , СкQ_KU_T1_n , СкQ_K2_T1_n , СкQ_K0_T1_n - величины новых скидков (надбавок) к тарифу за потребленную реактивную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии ПКЭ по T1. Т.е., на сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если T1 превышает 5 %.

-СкQ_Δf_T2_n , СкQ_δU_T2_n , СкQ_KU_T2_n , СкQ_K2_T2_n , СкQ_K0_T2_n - величины новых скидков (надбавок) к тарифу за потребленную реактивную электроэнергию при несоответствии качества электроэнергии по частоте, отклонению напряжения, несинусоидальности, несимметрии по обратной и нулевой последовательности (о.е.) при несоответствии ПКЭ по T2. Т.е., Т.е., на сколько процентов меньше, по сравнению с нормальным тарифом, должен платить абонент за потребленную электроэнергию, если T2 превышает 0 %.

-Δf_1_в_n , Δf_2_в_n , Δf_1_н_n , Δf_2_н_n - величины новых нормально допустимого и максимально допустимого значений отклонений частоты для верхней границы и нижней границы (Гц).

-δU_1_в_нб_n , δU_2_в_нб_n , δU_1_н_нб_n , δU_2_н_нб_n - величины новых нормально допустимого и максимально допустимого значений отклонений напряжения для верхней границы и нижней границы (%) для режимов наибольшей нагрузки.

-δU_1_в_нм_n , δU_2_в_нм_n , δU_1_н_нм_n , δU_2_н_нм_n - величины новых нормально допустимого и максимально допустимого значений отклонений напряжения для верхней границы и нижней границы (%) для режимов наименьшей нагрузки.

-(T1н_нб_n , T1к_нб_n) , (T2н_нб_n , T2к_нб_n) - 2 границы новых зон (кратные интервалу в 0,5 часа – час., мин.) для наибольшей нагрузки. Все остальное время суток соответствует наименьшей нагрузке.

-KU_1_n , KU_2_n - величины новых нормально допустимого и максимально допустимого значений коэффициента несинусоидальности (%).

-K2_1_n, K2_2_n - величины новых нормально допустимого и максимально допустимого значений коэффициента несимметрии по обратной последовательности (%).

-K0_1_n, K0_2_n - величины новых нормально допустимого и максимально допустимого значений коэффициента несимметрии по нулевой последовательности (%).

-D_dpe_n - дата введения в действие (год, месяц, день) нового договора на поставку электроэнергии (новые скидки-надбавки, новые нормативы ПКЭ и т.д.).

Комментарий. В начале каждых суток (после завершения 48-го получаса) проверяется, совпадает ли дата текущих новых суток с **D_dpe_n**. Если нет - расчеты продолжают без изменений. Если совпадают, значения новых параметров присваиваются действующим соответствующим параметрам и расчет продолжается уже с новыми значениями. Переменная **D_dpe_n** при этом обнуляется.

Для передачи архивной и измеренной информации используется интерфейс RS-485.

Измеритель обеспечивает защиту от несанкционированного доступа к информации путем: введения пароля при изменении оперативных уставок, при начале и завершении цикла измерений, установке пароля (заводской пароль: 2222); фиксации в памяти измерителя времени и содержания изменений, осуществляемых по паролю; отображения даты и значений оперативных уставок, действовавших во время проведения измерений, при просмотре архивной информации.

Время установления рабочего режима измерителя после подключения питания (сети) **не более 1 мин.**

Питание измерителя осуществляется от измеряемой сети переменного тока.

Входные цепи измерителя выдерживает воздействие импульсных помех по цепям питания напряжений: до 10 кВ – длительностью не более 20 мкс, до 6 кВ – длительностью не более 10 мс.

Измеритель обеспечивает регистрацию указанных в таблице 4 характеристик при глубине провалов напряжения до 90 % и при временном перенапряжении до 120 %.

Входное сопротивление каналов измерения напряжений (450 + 10) кОм, входная емкость не более 30 пФ.

Входное сопротивление каналов измерения токов не более 0,035 Ом.

Мощность, потребляемая измерителем по цепи питания, не более 10 Вт.

Назначенный ресурс измерителя – 10 лет.
Габаритные размеры измерителя (270x180x130) мм.
Масса измерителя не более 4 кг.

Устройство и работа измерителя

1. Измеритель является измерительно-вычислительным средством. Структурная схема измерителя приведена на рисунке.

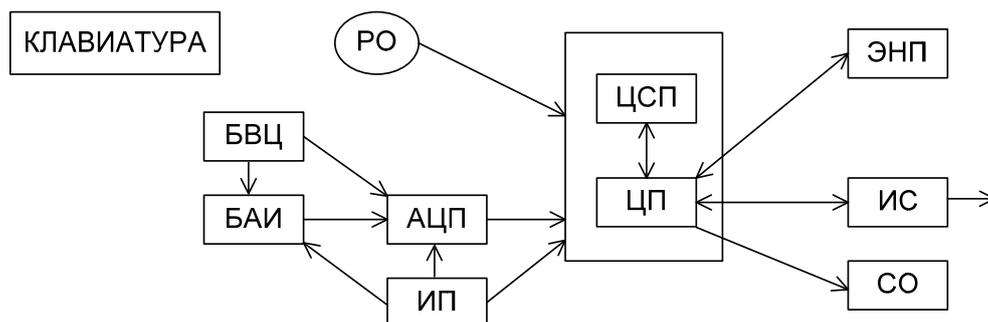


Рис. 1. - Структурная схема прибора

2. Измеритель состоит из **аналоговой** и **цифровой** части.

В состав аналоговой части входят:

- БВЦ (блок входных цепей (3 канала напряжения и 3 – тока));
- БАИ (блок анализа импульсов напряжения);
- АЦП (аналого-цифровой преобразователь).

В состав цифровой части входят:

- ЦП (центральный процессор);
- ЦСП (цифровой сигнальный процессор);
- ЭНП (энергонезависимая память);
- ИС (интерфейс связи);
- СО (средства отображения);
- ИП (источник питания);
- Клавиатура;
- РО (устройство расчета и обработки измерений).

3. На лицевой панели измерителя расположены средства отображения (СО):

- алфавитно-цифровой дисплей (АЦД);
- 16-ти клавишная клавиатура.

4. Измеряемые напряжения и токи подаются на входные зажимы соответствующих каналов БВЦ, с выходов которого снимаются нормированные аналоговые сигналы входных параметров.

5. С широкополосных выходов БВЦ сигналы поступают на БАИ, в котором, путем аналоговой обработки, формируются сигналы пропорциональные параметрам входного импульсного напряжения.

6. Сигналы напряжений и токов основной частоты (50 Гц) с узкополосных выходов БВЦ, а также сигналы импульсных параметров с выходов БАИ поступают на входы АЦП. В схеме АЦП осуществляется взаимная временная привязка входных сигналов и их оцифровка. Оцифровка производится из расчета 256 выборок 12 разрядного кода на период основной частоты для каждого узкополосного сигнала. АЦП снабжен устройством подстройки частоты (ФАПЧ), которое поддерживает количество шагов оцифровки равным (256) при изменении частоты в диапазоне (50 ± 3) Гц.

Коды оцифрованных сигналов поступают на цифровую часть измерителя.

ЦП и ЦСП производят обработку полученной от АЦП информации в соответствии с программами, хранимыми в ПЗУ.

Измерения гармонических составляющих и коэффициентов искажения синусоидальности входных сигналов (напряжения и тока) измерителя осуществляется непрерывно в пределах «окна» длительностью восемь периодов основной частоты.

Конечные значения измеряемых характеристик заносятся в ЭНП для хранения (если введена команда “запись в архив”), а также ВЫВОДятся на СО.

СО включают алфавитно-цифровой (АЦД) жидкокристаллический дисплей и монитор ПЭВМ.

С помощью ИС типа RS-485 осуществляется ВЫВОД результатов измерений по каналам связи на диспетчерский пункт.

Питание измерителя осуществляется от контролируемой сети переменного тока по одной или трем фазам.

Клавиатура измерителя используется для управления измерителем при его настройке и просмотре результатов измерений.

Порядок работы

Условные обозначение клавиш прибора в тексте инструкции

<i>Клавиша «В1»</i> ВЫБОР →	7	8	9
<i>Клавиша «В2»</i> ВЫБОР ←	4	5	6
<i>Клавиша «.»</i> •	1	2	3
<i>Клавиша «UI»</i>	ВЫВОД	0	ВВОД

U↔I			
-----	--	--	--

Включение прибора

Питание прибора осуществляется от фазы напряжения А. При подаче напряжения на эту фазу включается подсветка дисплея и через 1-2 секунды на нем появляется Главное Меню. Подсветка дисплея в любом режиме автоматически выключается через 30 секунд после последнего нажатия любой клавиши и включается снова при нажатии любой клавиши.

Главное Меню

В первой строке дисплея отображается текущая дата и время. Во второй - название прибора и номер версии программного обеспечения. В нижней строке пользователь выбирает режим работы с прибором клавишами «В1» и «В2». Для входа в выбранный режим нажмите клавишу «ВВОД».

Режим «Текущие значения»

Выбор просматриваемого ПКЭ осуществляется клавишами «В1» и «В2», возврат в Главное Меню – клавишей «ОТМЕНА». Клавиши выбора фазы не работают при выбранной схеме включения «Одна фаза».

-Напряжение/ток/фазовый угол

Выводится действующее значение напряжение или тока выбранной фазы. Выбор фазы осуществляется клавишами «1», «2», «3». Переключение тока на напряжение и обратно – клавишей «U». Для напряжения выводится также абсолютное и относительное отклонение от номинала. Обновление информации производится 1 раз в минуту. Напряжение выводится в вольтах или киловольтах, ток - в амперах. Для просмотра фазового угла (относительно напряжения фазы А) выбранного вектора напряжения или тока нажмите клавишу «.». Для возврата к просмотру действующего значения нажмите повторно клавишу «.». Значение угла выводится в градусах.

-Частота

Выводится текущая частота, абсолютное и относительное отклонение от номинала (50 Гц). Обновление информации – раз в 20 секунд.

-Гармоники напряжения

Выводится текущее значение коэффициентов гармоник выбранной фазы напряжения с 1-й по 40-ю в процентах. Выбор гармоники осуществляется клавишами «4» (увеличение номера гармоники) и «6» (уменьшение номера гармоники). Вы-

бор фазы – клавишами «1», «2», «3». Обновление информации – раз в 3 секунды.

-Коэффициент несинусоидальности

Выводится текущее значение Кнс выбранной фазы в процентах. Выбор фазы производится клавишами «1», «2», «3». Обновление информации – раз в 3 секунды.

Коэффициент несимметрии по обратной последовательности (для схем включения «Звезда» и «Треугольник»)

Выводится текущее значение К2 в процентах. Обновление информации – раз в 3 секунды.

Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности (для схемы включения «Звезда»)

Выводится текущее значение К0 в процентах. Обновление информации – раз в 3 секунды.

-Активная мощность

Выводится текущее значение полной активной мощности в ваттах. Выбор фазы производится клавишами «1», «2», «3». Клавишей «0» выбирается отображение суммарной мощности всех трех фаз. Обновление информации – раз в 3 секунды.

-Реактивная мощность

Выводится текущее значение полной реактивной мощности в варах. Выбор фазы производится клавишами «1», «2», «3». Клавишей «0» выбирается отображение суммарной мощности всех трех фаз. Обновление информации – раз в 3 секунды.

Режим «Просмотр архива»

Выбор типа архива производится клавишами «В1» и «В2», возврат в Главное Меню – клавишей «ОТМЕНА».

- Архивы 30 минут, суток и месяцев

Выбор типа поиска записей производится клавишей «.» Для начала просмотра выбранного архива нажмите клавишу «ВВОД».

-Поиск записей по времени

Введите цифровыми клавишами нужную дату и время записи. Для подтверждения ввода нажмите клавишу «ВВОД», для отмены – клавишу «ОТМЕНА». Не-

заполненные поля считаются нулевыми. После нажатия «ВВОД» выполняется поиск и выводится либо сообщение «Записей нет», либо первый элемент записи.

-Просмотр всех записей

В двух нижних строках дисплея выводится дата и время всех имеющихся записей данного типа, начиная с последней. Выбор записи производится клавишами «В1» и «В2». Для просмотра выбранной записи нажмите «ВВОД», для отказа от просмотра – «ОТМЕНА». Если достигнут конец списка записей, появляется сообщение «Записей нет», так же, как если нет ни одной записи выбранного типа.

-Просмотр выбранной или найденной записи

В первой строке дисплея выводится дата и время записи, во второй – название параметра, в третьей – его значение, в четвертой – единица измерения. Выбор элемента записи (параметра) производится клавишами «В1» и «В2», возврат в режим поиска – клавишей «ОТМЕНА».

-Краткое отображение месячных архивов потребления

Переключение просмотра активной/реактивной энергии производится клавишей «.» После нажатия клавиши «ВВОД» производится выбор месяца аналогично. После повторного нажатия «ВВОД» выводятся четыре строки с данными потребления энергии, хранящимися в выбранной записи. Активная энергия выводится в Квт*час, реактивная – в КВАр*ч. Возврат в режим поиска производится клавишей «ОТМЕНА».

-Архивы провалов, превышений и импульсов напряжения

Эти архивы хранят записи о моменте возникновения соответствующего события, длительности провала, перенапряжения (превышения) или импульса и амплитуде (в процентах относительно номинала).

Режим «Настройка»

При входе в режим «Настройка» запрашивается пароль пользователя. В зависимости от введенного пароля предоставляется доступ к разным настройкам прибора. Пароль является целым числом до 9 знаков. Подтверждение ввода пароля – клавиша «ВВОД», отказ от ввода – клавиша «ОТМЕНА». В случае неверного ввода пароля происходит возврат в Главное Меню.

Выбор конкретной настройки производится клавишами «В1» и «В2», вход в эту настройку – клавишей «ВВОД», возврат в Главное Меню – клавишей «ОТМЕНА».

-Время и дата

Перемещением мигающего курсора и нажатием цифровых клавиш установите текущие час, минуту, секунду, день, месяц и год. Подтвердить ввод – клавиша «ВВОД», отказаться от изменения даты/времени – клавиша «ОТМЕНА». Курсор перемещается либо автоматически при нажатии цифровых клавиш, либо клавишами «В1» и «В2».

-Смена пароля

Режим «Задание уставок»

Ввод пароля с необходимым уровнем доступа позволяет изменять уставки, по которым рассчитываются данные получасовых, суточных и месячных архивов, а также пороги срабатывания аварийных режимов.

Режим «Энергия»

Выводит суммарную энергию (с индексом S), прошедшую через счетчик, в четырех строках дисплея:

- 1) полная активная энергия, включая все мощности искажения WPS
- 2) полная активная энергия, включая все мощности искажения WQS
- 3) активная энергия по основной (50 Гц) гармонике WP1
- 4) реактивная энергия по основной (50 Гц) гармонике WQ1

Активная энергия ВЫВОДится в Квт*час, реактивная – в КВАр*ч. Возврат в Главное Меню производится клавишей «ВЫВОД». Можно просмотреть энергию, потребленную только по одной фазе прибора (для схемы включения «Звезда»). Для этого нажмите клавишу «0», затем «1», «2» или «3» и индекс «S» заменится на обозначение соответствующей фазы. Для возвращения к просмотру суммарной потребленной энергии нажмите клавишу «0».

Режим «Тестирование фаз»

После выбора этого пункта меню на дисплее появляется меню выбора типа подключенной к прибору нагрузки (емкостная, активно-индуктивная и индуктивная). Клавишами «1», «2» или «3» выберите нужный тип или откажитесь от тестирования клавишей «0». На дисплее появится диагностическое сообщение о неверном подключении напряжений/токов, неправильной полярности токов или сообщение «Подключение ОК» если все подключения правильны. Выйдите в Главное Меню клавишей «0», выключите прибор, исправьте ошибки подключе-

ния, включите прибор и повторите тестирование фаз (до появления сообщения «Подключение ОК»).

Выключение прибора

При снятии напряжения с фазы А прибор сохраняет в энергонезависимой памяти данные на момент выключения (в получасовые, суточные и месячные архивы), сохраняет данные о потребленной энергии и автоматически переводится в «спящий» режим. В активное состояние прибор возвращается при подаче напряжения на фазу А. В «спящем» режиме прибор может находиться неограниченно долго, но при этом необходимо не реже одного раза в месяц включать прибор (подавать напряжение на фазу А) минимум на 3 часа для предотвращения полного разряда и выхода из строя аккумулятора.

Приложение

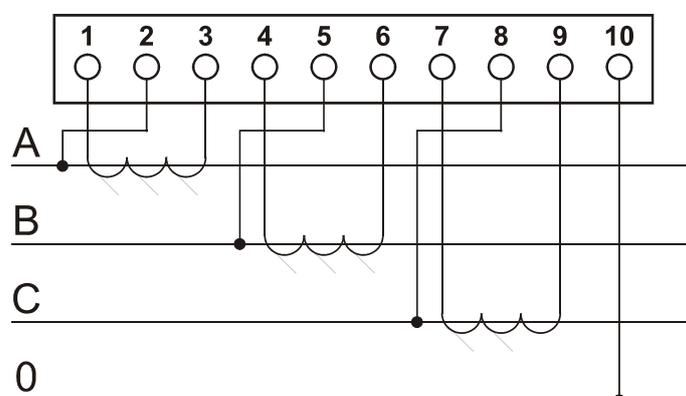


Рис. 1. – Схема присоединения прибора при измерениях напряжения и тока (мощности, энергии) в четырехпроводной сети 380/220 (100/57, 73) В.

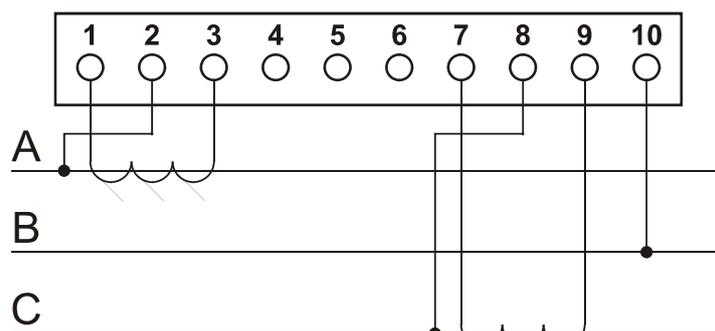


Рис. 2. – Схема присоединения прибора при измерениях напряжения и тока (мощности, энергии) в трехфазной сети, с заземленной средней точкой и двумя трансформаторами тока.

Указания по оформлению и содержанию отчета

Отчет должен содержать описание цели лабораторной работы, технические характеристики используемых элементов и приборов, результаты проведенных экспериментов, оформленные в виде таблиц, графиков, а также необходимые схемы и расчеты. В отчете должны быть приведены выводы по всем пунктам проведенных экспериментов. Отчет оформляется на листах формата А4 в текстовом редакторе.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Принципиальная схема.
3. Таблицы с данными.
4. Графики.
5. Выводы по работе.

Лабораторная работа № 1 Симметрирование напряжений с помощью конденсаторной батареи

Цель работы:

- Изучить способ симметрирования напряжений с помощью конденсаторных батарей.
- Для электрической системы с несимметричными активно-индуктивными приемниками, подключенных к фазным напряжениям рассчитать емкости конденсаторных батарей, подключенных по схеме «звезда» со стороны низкого напряжения для его выравнивания и проверить на модели.

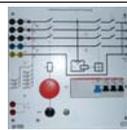
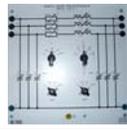
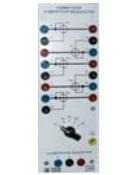
Краткая характеристика работы

Схема электрических соединений представлена на рисунке.

- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную, например, к шинам 6-10 кВ подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Трансформаторная группа **A1** моделируют понизительный трансформатор подстанции 35-220/6-10 кВ.
- Трансформаторная группа **A2** моделируют понизительный трансформатор подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Модель **A3** линии электропередачи имитирует линию электропередачи 6-10 кВ распределительной сети.
- Нагрузки **A5** и **A6** моделируют активную и индуктивную нагрузки сети 0,4 кВ.
- Нагрузка **A7** моделирует конденсаторную батарею.

- Коммутатор **A8** позволяет без переборки схемы производить измерение потоков активной и реактивной мощностей измерителем **P1** и напряжений вольтметром блока **P3** фаз в конце модели **A3** линии электропередачи.

Перечень аппаратуры

Обозначение на схеме	Тип	Фото	Наименование	Параметры
G1	201.2		Трехфазный источник питания	400 В ~; 16 А
A1,A2	347.1		Трехфазная трансформаторная группа	3 x 80 В А; 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 В/
A3	313.2		Модель линии электропередачи	400 В ~; 3 x 0.5 А
A5	306.1		Активная нагрузка	220/380 В; 50 Гц 3x50 Вт;
A6	324.2		Индуктивная нагрузка	220/380 В; 50 Гц 3x40 ВАр
A7	317.2		Емкостная нагрузка	220/380 В; 50 Гц 3x40 ВАр
A16	349		Коммутатор измерителя мощностей	5 положений
P2	507.2		Измеритель мощностей	15; 60; 150; 300; 600В,0,05;0,1; 0,2; 0,5 А.
P3	508.2		Блок мультиметров	3 мультиметра 0..1000В~; 0...10А-; 0...20МОМ

Задание

1. Для указанных несимметричных нагрузок фаз рассчитать емкости конденсаторных батарей для симметрирования фазных напряжений.
2. Собрать схему на стенде, снять показания приборов с указанными нагрузками с/без конденсаторных батарей. Подобрать значения емкостей для симметрирования фазных напряжений и проверить с рассчитанными значениями емкостей.
3. Выполнить анализ полученных данных.

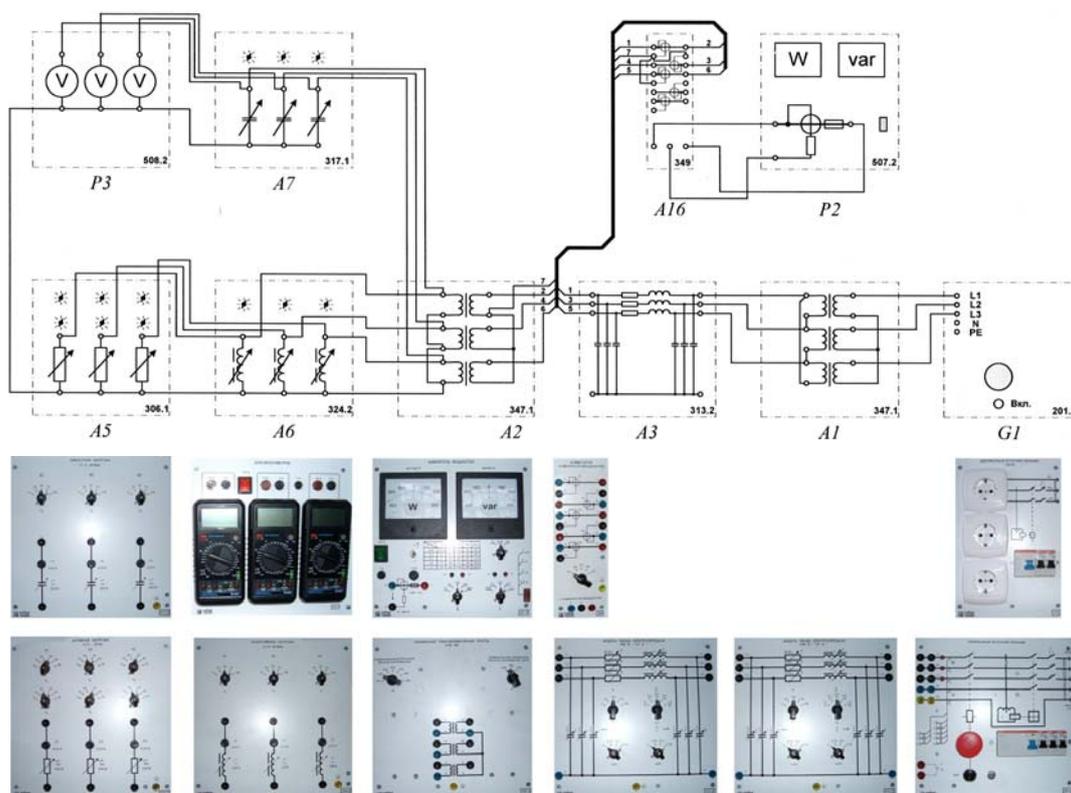


Рис. Симметрирование напряжений с помощью конденсаторной батареи

Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления “⊕” устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника **G1**.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
5. Установите переключателем необходимое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов группы **A1** и **A2**, например, 220 В.
6. Установите переключателями желаемые параметры модели **A3** линий электропередачи, например, $R=100$ Ом и $L=1,2$ Гн.
7. Установите переключателями желаемые параметры фаз **1**, **2** и **3** нагрузки **A5**, например, 80, 100 и 100%.
8. Установите переключателями желаемые параметры фаз **1**, **2** и **3** нагрузки **A6**, например, 25, 25 и 25%.
9. Установите переключателями желаемые параметры фаз **1**, **2** и **3** нагрузки **A7**, например, 50, 50 и 50 %.
10. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей **P2** и блока мультиметров **P3**.
11. Включите источник **G1**. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
12. Меняя положение от **1** до **2** переключателя коммутатора **A16**, с помощью измерителя **P2** определяйте величины потоков активной и реактивной мощностей, а также напряжения в начале и конце линии электропередачи **A3**.
13. Меняя положение переключателей емкостной нагрузки **A7** осуществляйте симметрирование напряжения сети. (В данном примере приемлемая степень симметрирования напряжений достигается при мощностях фаз 1,2 и 3 емкостной нагрузки **A7** 0,0 и 50 % соответственно).
14. По завершении эксперимента отключите источник **G1** и выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей **P2** и блока мультиметров **P3**.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается способ симметрирования напряжений с помощью конденсаторных батарей.
2. Какие типы конденсаторных батарей применяются для симметрирования фазных напряжений.

3. Области предпочтительного использования способа симметрирования напряжений с помощью конденсаторных батарей.
4. Системы автоматического симметрирования.

Лабораторная работа № 2 Встречное регулирование напряжения

Цель работы:

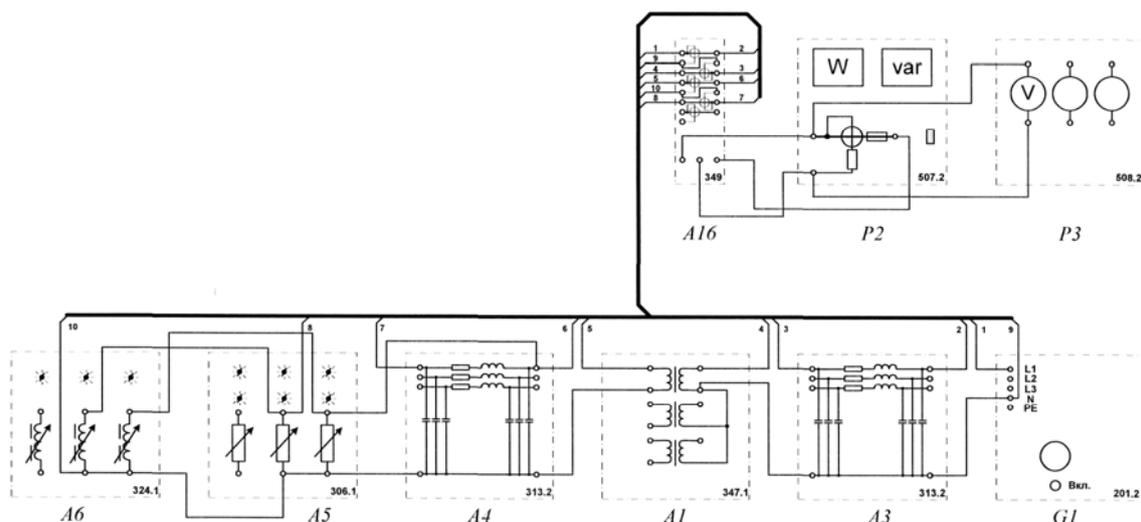
- Изучить способ встречного регулирования напряжения.
- Проверить работу встречного регулирования напряжения на модели.

Краткая характеристика работы

- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную, например, к шинам 6-10 кВ центра питания.
- Трансформатор в группе **A1** моделирует понизительный трансформатор подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Модели **A3, A4** линий электропередачи имитируют линии электропередачи 6-10 и 0,4 кВ соответственно распределительной сети.
- Нагрузки **A5** и **A6** моделируют активную и индуктивную нагрузки сети 0,4 кВ.
- Коммутатор **A8** позволяет без переборки схемы производить измерение потоков активной и реактивной мощностей измерителем **P1** и напряжений вольтметром блока **P3** в намеченных точках электрической сети.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1	Трехфазная трансформаторная группа	347.1
A3,A4	Модель линии электропередачи	313.2
A5	Активная нагрузка	306.1
A6	Индуктивная нагрузка	324.2
A16	Коммутатор измерителя мощностей	349
P2	Измеритель мощностей	507.2
P3	Блок мультиметров	508.2



Задание

1. Собрать схему на стенде, снять показания приборов при различных параметрах элементов.
2. Выполнить анализ полученных данных.

Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления “⊕” устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника **G1**.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
5. Установите переключателем желаемое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов группы **A1**, например 220 В.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей **A3**, **A4** линий электропередачи, например, $R=0$ и $L=0,3$ Гн и нагрузок **A5**, **A6**, например, 30, 25 % соответственно.
7. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей **P2** и блока мультиметров **P3**.
8. Включите источник **G1**. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
9. Меняя положение от 1 до 4 переключателя коммутатора **A16**, с помощью измерителя **P2** определяйте величины потоков активной и реактивной мощностей, а также напряжения в начале и конце линий электропередачи **A3** и

A4.

10. Меняя положение переключателя трехфазной трансформаторной группы **A1** изменяйте коэффициент трансформации используемого в ней трансформатора и тем самым осуществляйте встречное регулирование напряжения сети.
11. По завершении эксперимента отключите источник **G1** и выключатели «**СЕТЬ**» измерителя мощностей **P2** и блока мультиметров **P3**.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается способ встречного регулирования напряжения.
2. В каких точках контролируется уровень напряжения?
3. Почему появляется зона нечувствительности?
4. Как работает система автоматического регулирования?

Лабораторная работа № 3 Регулирование напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи

Цель работы:

- Изучить способ регулирования напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей.
- Проверить работу регулирования напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей на модели.

Краткая характеристика работы

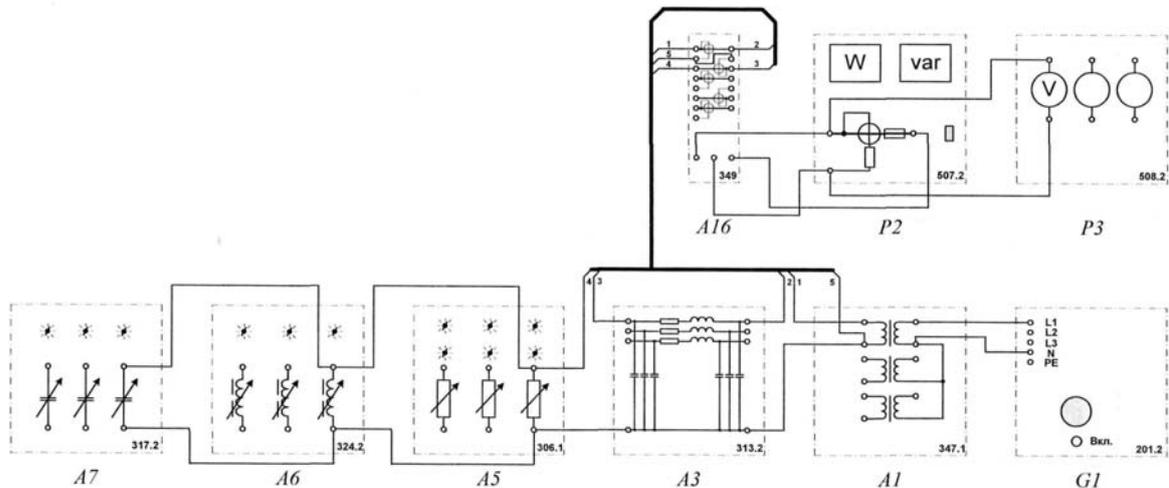
- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную, например, к шинам 6-10 кВ подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Трансформатор в группе **A1** моделирует понизительный трансформатор подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Модель **A3** линии электропередачи имитирует линию электропередачи 0,4 кВ распределительной сети.
- Нагрузки **A5** и **A6** моделируют активную и индуктивную нагрузки сети 0,4 кВ.
- Нагрузка **A7** моделирует конденсаторную батарею.
- Коммутатор **A8** позволяет без переборки схемы производить измерение потоков активной и реактивной мощностей измерителем **P1** и напряжений вольтметром блока **P3** в намеченных точках электрической сети.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1	Трехфазная трансформаторная группа	347.1
A3	Модель линии электропередачи	313.2
A5	Активная нагрузка	306.1
A6	Индуктивная нагрузка	324.2
A7	Емкостная нагрузка	317.2
A16	Коммутатор измерителя мощностей	349
P2	Измеритель мощностей	507.2
P3	Блок мультиметров	508.2

Задание

1. Собрать схему на стенде, снять показания приборов при различных параметрах элементов.
2. Выполнить анализ полученных данных.



Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника **G1**.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной

- трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
 5. Установите переключателем желаемое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов группы **A1**, *например 220 В*.
 6. Установите переключателями желаемые параметры модели **A3** линий электропередачи, *например, R=50 Ом и L=0,6 Гн* и нагрузок **A5**, **A6** и **A7** *например, 50, 75 и 25 %* соответственно.
 7. Включите выключатели «**СЕТЬ**» измерителя мощностей **P2** и блока мультиметров **P3**.
 8. Включите источник **G1**. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
 9. Меняя положение от **1** до **2** переключателя коммутатора **A16**, с помощью измерителя **P2** определяйте величины потоков активной и реактивной мощностей, а также напряжения в начале и конце линии электропередачи **A3**.
 10. Меняя положение переключателей емкостной нагрузки **A7** осуществляйте регулирование напряжения сети путем поперечной компенсации реактивной мощности.
 11. По завершении эксперимента отключите источник **G1** и выключатели «**СЕТЬ**» измерителя мощностей **P2** и блока мультиметров **P3**.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается способ регулирования напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей?
2. Как включаются конденсаторные батареи при регулировании напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности?
3. Области предпочтительного применения регулирования напряжения путем поперечной и продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей?

Лабораторная работа № 4 Регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи

Цель работы:

- Изучить способ регулирования напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей.
- Проверить работу регулирования напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей на модели.

Краткая характеристика работы

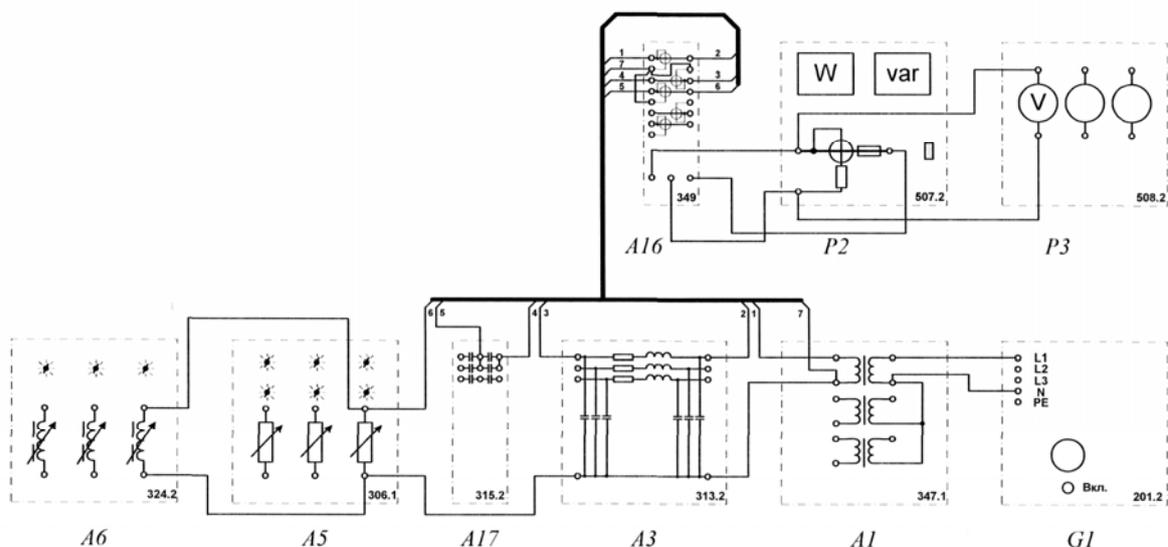
- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную, например, к шинам 6-10 кВ подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Трансформатор в группе **A1** моделирует понизительный трансформатор подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Модель **A3** линии электропередачи имитирует линию электропередачи 0,4 кВ распределительной сети.
- Нагрузки **A5** и **A6** моделируют активную и индуктивную нагрузки сети 0,4 кВ.
- Устройство продольной емкостной компенсации **A17** моделирует конденсаторную батарею.
- Коммутатор **A8** позволяет без переборки схемы производить измерение потоков активной и реактивной мощностей измерителем **P1** и напряжений вольтметром блока **P3** в намеченных точках электрической сети.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трёхфазный источник питания	201.2
A1	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1
A3	Модель линии электропередачи	313.2
A5	Активная нагрузка	306.1
A6	Индуктивная нагрузка	324.2
A16	Коммутатор измерителя мощностей	349
A17	Устройство продольной емкостной компенсации	315.2
P2	Измеритель мощностей	507.2
P3	Блок мультиметров	508.2

Задание

1. Собрать схему на стенде, снять показания приборов при различных параметрах элементов.
2. Выполнить анализ полученных данных.



Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
5. Установите переключателем желаемое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов группы A1, например 220 В.
6. Установите переключателями желаемые параметры модели A3 линий электропередачи, например, $R=50$ Ом и $L=0,6$ Гн и нагрузок A5, A6, например, 50, 75 % соответственно.
7. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P3.
8. Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
9. Меняя положение от 1 до 2 переключателя коммутатора A16, с помощью измерителя P2 определяйте величины потоков активной и реактивной мощностей, а также напряжения в начале и конце линии электропередачи A3.
10. Меняя емкость устройства A17 (при отключенном источнике G1) осуществляйте регулирование напряжения сети путем продольной компенсации реактивной мощности.
11. По завершении эксперимента отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P3.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается способ регулирования напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей.
2. Как включаются конденсаторные батареи при регулировании напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности?
3. Области предпочтительного применения регулирования напряжения путем поперечной и продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей?

Лабораторная работа № 5 Снижение генерации высших гармоник тока путем замены трехпульсового выпрямителя на шестипульсовый в схеме питания нагрузки постоянным током

Цель работы:

- Изучить способы снижения генерации высших гармоник тока путем замены трехпульсового выпрямителя на шестипульсовый в схеме питания нагрузки постоянным током.
- Проверить на модели.

Краткая характеристика работы

- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную, например, к шинам 6-10 кВ подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Трансформаторная группа **A1** моделируют понизительный трансформатор подстанции 35-220/6-10 кВ.
- Трансформаторная группа **A2** моделируют понизительный трансформатор подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Модель **A3** линии электропередачи имитирует линию электропередачи 6-10 кВ распределительной сети.
- Модель **A4** линии электропередачи имитирует линию электропередачи 0,4 кВ распределительной сети.
- Блок диодов **A6** моделирует трехпульсовый (вариант 1) или шестипульсовый (вариант 2) выпрямитель.
- Нагрузка **A5** моделирует нагрузку сети 0,4 кВ.
- Нагрузка **A7** моделирует конденсаторную батарею.

- Измеритель **P1** позволяет производить измерение параметров и показателей качества электрической энергии в заданной контрольной точке модели трехфазной распределительной сети.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1,A2	Трехфазная трансформаторная группа	347.1
A3,A4	Модель линии электропередачи	313.2
A5	Активная нагрузка	306.1
A6	Блок диодов	332
A7	Емкостная нагрузка	317.1
A9...A11	Трансформатор тока	403.1
P1	Измеритель параметров и показателей качества электроэнергии	525

Задание

1. Собрать схему на стенде, снять показания приборов при различных параметрах элементов.
2. Выполнить анализ полученных данных.

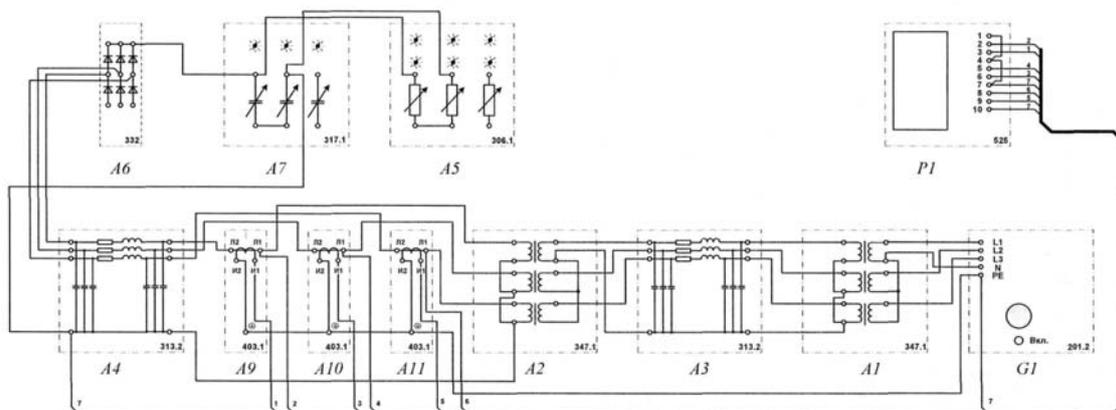


Рис. Схема вариант 1.

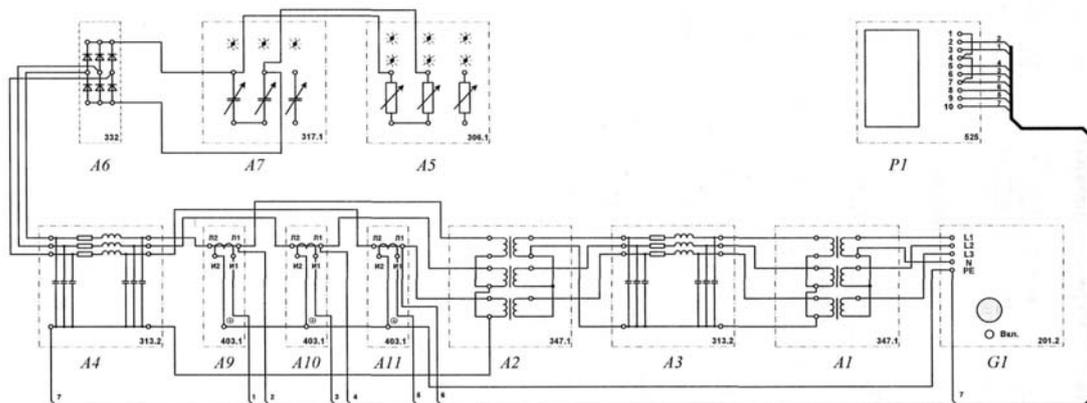


Рис. Схема вариант 2.

Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника **G1**.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (вариант 1).
5. Установите переключателем желаемое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов группы **A1** и **A2**, например, 220 В.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей **A3** и **A4** линий электропередачи, например, $R=0$ Ом и $L=1,2$ Гн.
7. Установите переключателями желаемые параметры фаз 1, 2 нагрузки **A5**, например, 100 и 100 %.
8. Установите переключателями желаемые параметры фаз 1, 2 нагрузки **A7**, например, 50 и 50 %.
9. Включите источник **G1**. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
10. С помощью измерителя **P1** измеряйте параметры режима сети и показатели качества электрической энергии, определяйте гармонический состав напряжения в контролируемой точке. Определите мощность, потребляемую нагрузкой.
11. Отключите источник **G1**.
12. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (вариант 2).
13. Установите переключателями параметры фаз 1, 2 нагрузок **A5** и **A7** такими,

чтобы мощность, потребляемая нагрузкой, равнялась мощности, измеренной в схеме по варианту 1.

14. С помощью измерителя **P1** измеряйте параметры режима сети и показатели качества электрической энергии, определяйте гармонический состав напряжения в контролируемой точке.
15. По завершении эксперимента отключите источник **G1**.

Контрольные вопросы

1. Какие способы снижения генерации высших гармоник тока вы знаете?
2. Нарисуйте схему трехпульсового выпрямителя для питания нагрузки постоянным током.
3. Нарисуйте схему шестипульсового выпрямителя для питания нагрузки постоянным током.
4. Почему снижается генерация высших гармоник тока при замене трехпульсового выпрямителя на шестипульсовый в схеме питания нагрузки постоянным током?

Лабораторная работа № 6 Компенсация высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства

Цель работы:

- Изучить способ компенсации высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующих устройств.
- Проверить на модели.

Краткая характеристика работы

- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную, например, к шинам 6-10 кВ подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Трансформаторная группа **A1** моделируют понизительный трансформатор подстанции 35-220/6-10 кВ.
- Трансформаторная группа **A2** моделируют понизительный трансформатор подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Модель **A3** линии электропередачи имитирует линию электропередачи 6-10 кВ распределительной сети.
- Модель **A4** линии электропередачи имитирует линию электропередачи 0,4 кВ распределительной сети.
- Блок диодов **A6** моделирует шестипульсовый выпрямитель.
- Нагрузка **A5** моделирует нагрузку сети 0,4 кВ.

- Нагрузка **A7** моделирует конденсаторную батарею.
- Измеритель **P1** позволяет производить измерение параметров и показателей качества электрической энергии в заданной контрольной точке модели трехфазной распределительной сети.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1,A2	Трехфазная трансформаторная группа	347.1
A3,A4	Модель линии электропередачи	313.2
A5	Активная нагрузка	306.1
A6	Блок диодов	332
A7	Емкостная нагрузка	317.2
A9...A11	Трансформатор тока	403.1
A15..A17	Фильтрокомпенсирующее устройство	392
P1	Измеритель параметров и показателей качества электроэнергии	525

Задание

1. Собрать схему на стенде, снять показания приборов при различных параметрах элементов.
2. Выполнить анализ полученных данных.

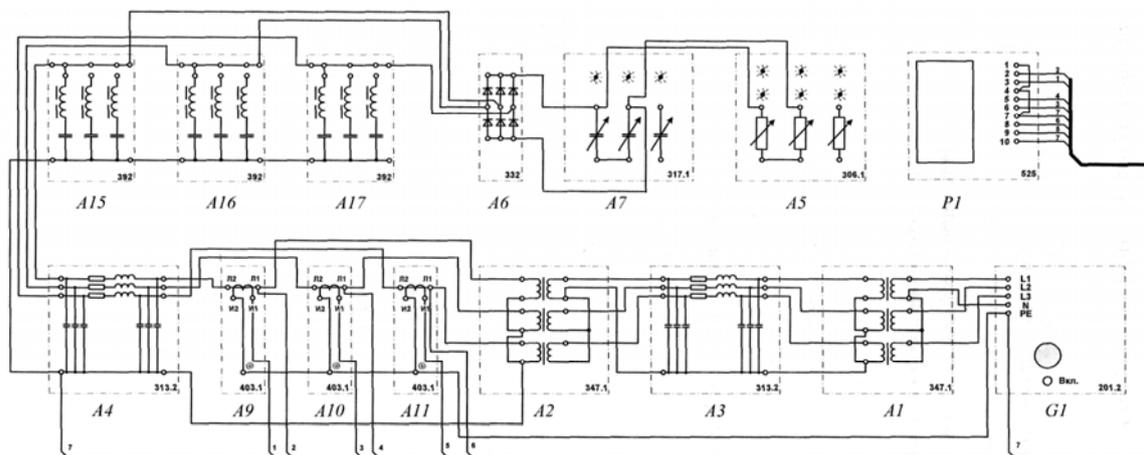


Рис. Схема электрическая соединений

Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от се-

ти электропитания.

2. Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (вариант 1).
5. Установите переключателем желаемое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов группы A1 и A2, например, 220 В.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей A3 и A4 линий электропередачи, например, $R=0$ Ом и $L=1,2$ Гн.
7. Установите переключателями желаемые параметры фаз 1, 2 нагрузки A5, например, 100 и 100%.
8. Установите переключателями желаемые параметры фаз 1, 2 нагрузки A7, например, 50 и 50%.
9. Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
10. Поочередно подключая плечи фильтрокомпенсирующих устройств, с помощью измерителя P1 измеряйте параметры режима сети и показатели качества электрической энергии.
11. По завершении эксперимента отключите источник G1.

Контрольные вопросы

1. Какие способы компенсации высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства вы знаете?
2. Как работают активные фильтры, фильтрокомпенсирующие и фильтросимметрирующие устройства?
3. Принцип работы быстродействующих статических источников реактивной мощности.

Лабораторная работа № 7 Измерение параметров и показателей качества электрической энергии в трехфазной сети с использованием измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06

Цель работы:

- Изучить измеритель параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06.

- Научиться измерять параметры и показатели качества электрической энергии в трехфазной сети.

Краткая характеристика работы

Схемы электрические соединений (вариант 1, 2, 3) соответствуют схемам моделируемой электрической сети с измерениями в контрольной точке 1, 2, 3 соответственно.

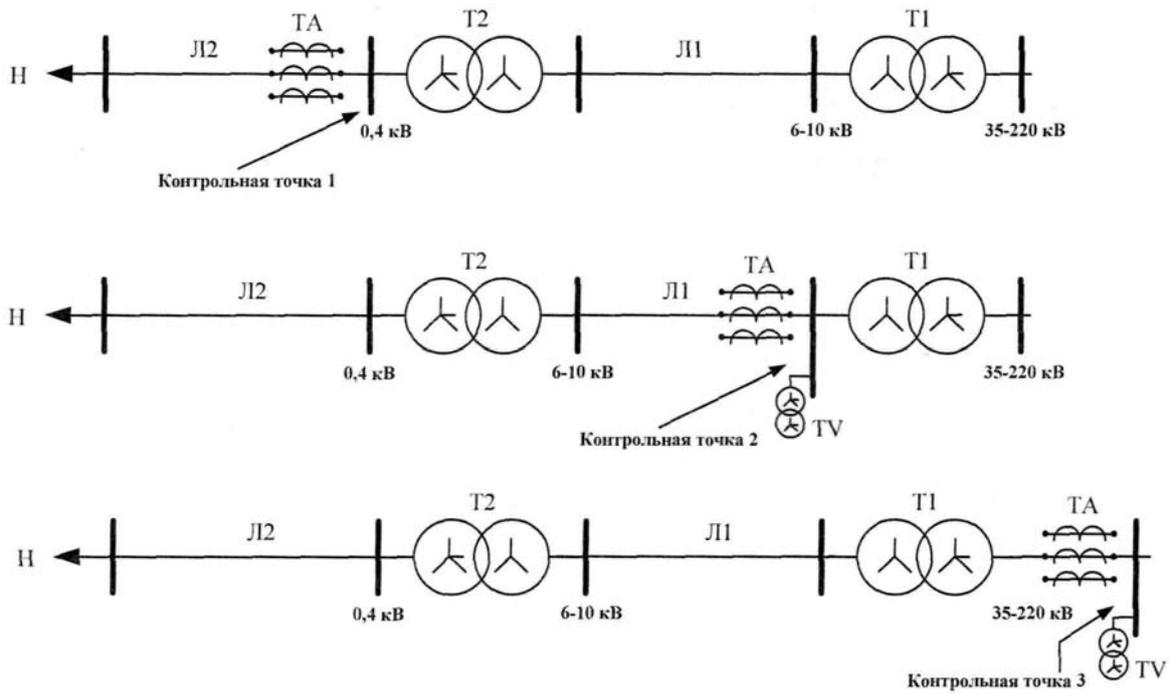
- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную к шинам 35-220 кВ центра питания.
- Трехфазная трансформаторная группа **A1** моделирует понизительный трансформатор **T1** подстанции 35-220/6-10 кВ, являющейся центром питания, а трехфазная трансформаторная группа **A1** - понизительный трансформатор **T2** подстанции 6-10/0,4 кВ.
- Модели **A3, A4** линий электропередачи имитируют линии электропередачи Л1 и Л2 (6-10 и 0,4 кВ) соответственно распределительной сети.
- Нагрузки **A5...A7** моделируют активную, индуктивную и емкостные составляющие нагрузки **H** сети 0,4 кВ.
- Измеритель **P1** позволяет производить измерение параметров и показателей качества электрической энергии в заданной контрольной точке модели трехфазной распределительной сети.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1,A2	Трехфазная трансформаторная группа	347.1
A3,A4	Модель линии электропередачи	313.2
A5	Активная нагрузка	306.1
A6	Индуктивная нагрузка	324.2
A7	Емкостная нагрузка	317.2
A9...A11	Трансформатор тока	403.1
A12...A14	Трансформатор напряжения	405
P1	Измеритель параметров и показателей качества электроэнергии	525

Задание

1. Собрать схему на стенде, расшифровать полученные данные на компьютере при различных параметрах системы.
2. Выполнить анализ полученных данных.



Схемы моделируемых электрических сетей

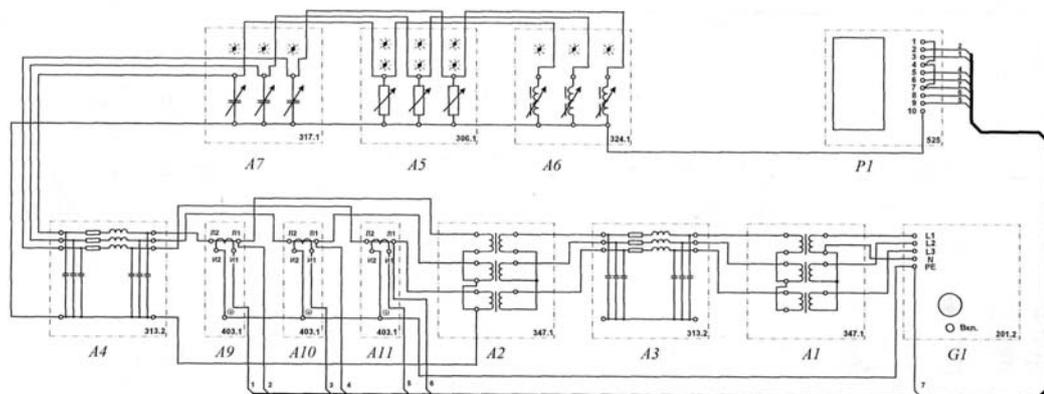


Схема электрическая (вариант 1)

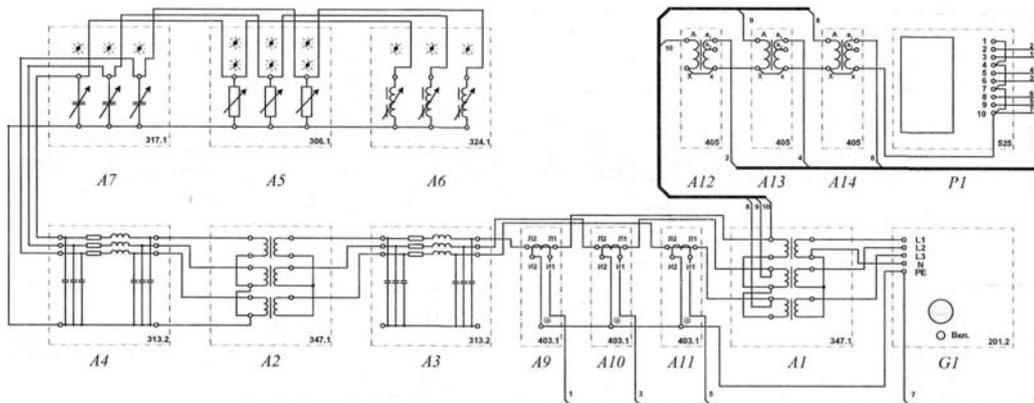


Схема электрическая (вариант 2)

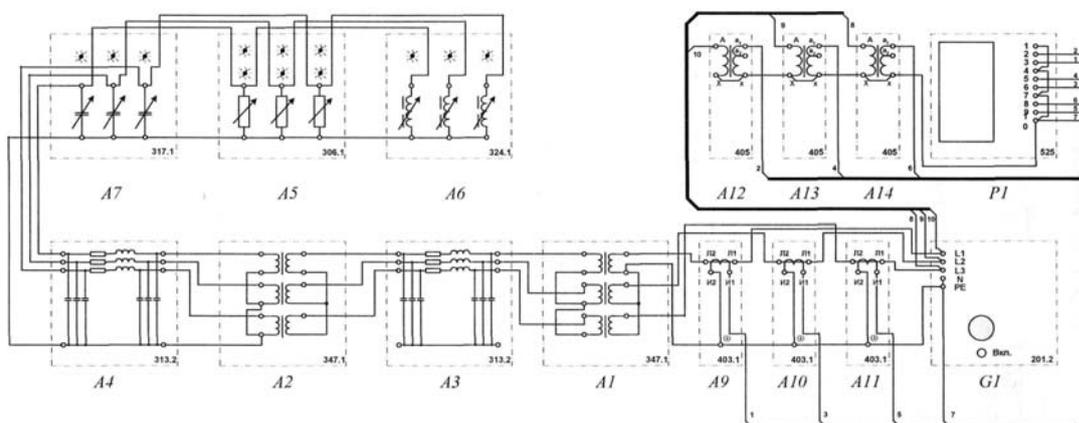


Схема электрическая (вариант 3)

Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии с одной из трех схем электрических соединений, например, в соответствии со схемой (вариант 1).
5. Установите переключателем желаемое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов блоков A1 и A2, например, 220 В.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей A3, A4 линий электропередачи, например, $R=0$ и $L=0,6$ Гн.
7. Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A5, A6 и A7, например, 50, 50 и 25 % соответственно.

8. Включите источник **G1**. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
9. Вращая регулировочную рукоятку тиристорного преобразователя/регулятора **A8** установите требуемый угол управления его тиристорами, например, *100 град.*
10. С помощью измерителя *PI* измеряйте параметры режима сети и показатели качества электрической энергии в контрольной точке **1**.
11. По завершении эксперимента отключите источник **G1**.

Контрольные вопросы

1. Возможности и область применения измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.
2. Какие показатели качества Вы знаете? Дайте характеристику основным показателям качества.
3. Как организована система сбора информации в приборе ЭРИС-КЭ?

Лабораторная работа № 8 Просмотр и оформление результатов измерений параметров и показателей качества электрической энергии в трехфазной сети с использованием измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06

Цель работы:

- Изучить измеритель параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06.
- Научиться измерять параметры и показатели качества электрической энергии в трехфазной сети.
- Научиться работать с базой данных ЭРИС-КЭ.06. Изучить структуру и принцип формирования часовых, суточных, месячных, годовых отчетов. Научиться их расшифровывать и обрабатывать на компьютере

Краткая характеристика работы

- Схема электрическая соединений соответствует схеме моделируемой электрической сети с измерениями в контрольной точке 1, приведенной в предыдущем опыте.
- Источник **G1** моделирует питающую электрическую систему, присоединенную к шинам 35-220 кВ центра питания.
- Трехфазная трансформаторная группа **A1** моделирует понизительный трансформатор Т1 подстанции 35-220/6-10 кВ, являющейся центром пита-

ния, а трехфазная трансформаторная группа **A1** - понизительный трансформатор **T2** подстанции 6-10/0,4 кВ.

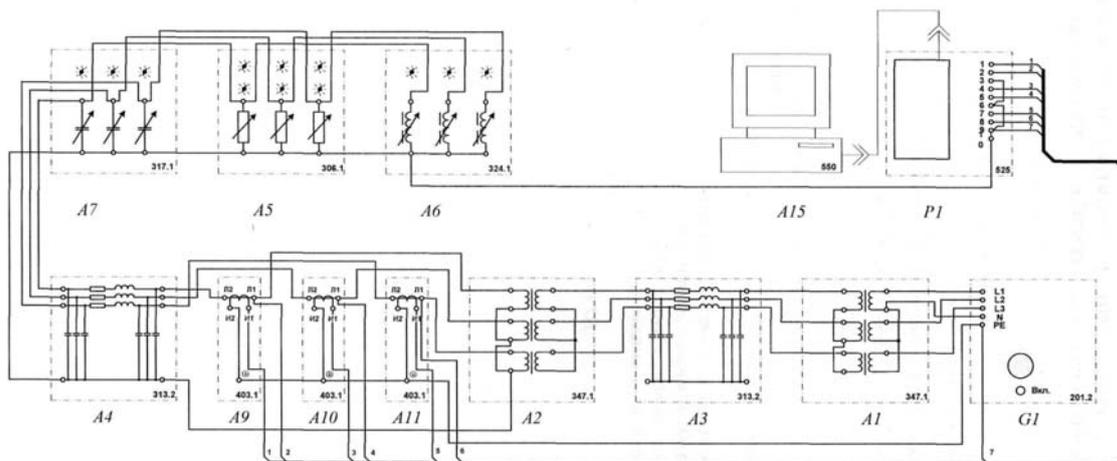
- Модели **A3, A4** линий электропередачи имитируют линии электропередачи Л1 и Л2 (6-10 и 0,4 кВ) соответственно распределительной сети.
- Нагрузки **A5...A7** моделируют активную, индуктивную и емкостные составляющие нагрузки **H** сети 0,4 кВ.
- Измеритель **P1** позволяет производить измерение параметров и показателей качества электрической энергии в заданной контрольной точке модели трехфазной распределительной сети.
- Персональный компьютер **A15** используется в роли информационно-измерительной системы, который через интерфейс связи типа RS-485 подключен к измерителю **P1**.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1,A2	Трехфазная трансформаторная группа	347.1
A3,A4	Модель линии электропередачи	313.2
A5	Активная нагрузка	306.1
A6	Индуктивная нагрузка	324.2
A7	Емкостная нагрузка	317.2
A8	Тиристорный преобразователь / регулятор	207.2
A9...A11	Трансформатор тока	403.1
A15	Персональный компьютер	550
P1	Измеритель параметров и показателей качества электроэнергии	525

Задание

1. Собрать схему на стенде, расшифровать базу данных прибора ЭРИС-КЭ на компьютере. При получении данных изменять параметры системы.
2. Выполнить анализ полученных данных.



Электрическая схема модели.

Порядок проведения опытов

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника **G1**.
3. Соедините шнурами питания блоки, нуждающиеся в питании, с однофазной трехпроводной сетью 220 В лаборатории.
4. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений.
5. Установите переключателем желаемое значение напряжения вторичных обмоток трансформаторов блоков **A1** и **A2**, например, 220 В.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей **A3**, **A4** линий электропередачи, например, $R=0$ и $L=0,6$ Гн.
7. Установите переключателями желаемые параметры нагрузок **A5**, **A6** и **A7**, например, 50, 50 и 25 % соответственно.
8. Включите источник **G1**. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
9. С помощью измерителя **P1** измеряйте параметры режима сети и показатели качества электрической энергии в контрольной точке **1**.
10. Приведите в рабочее состояние персональный компьютер **A15**.
11. Используя по инструкции специализированное программное обеспечение осуществляйте с помощью персонального компьютера **A15** просмотр текущих значений параметров (программа мониторинга текущих параметров Monitor.exe), поступающих с измерителя **P1**, задание его уставок (программа Settings.exe), а также сбор, сохранение и отображение получаемых с измерителя **P1** данных (программа Emeter.exe).
12. По завершении эксперимента отключите источник **G1**.

Контрольные вопросы

1. Возможности и область применения измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.
2. Какие показатели качества Вы знаете? Дайте характеристику основным показателям качества.
3. Как организована система сбора информации в приборе ЭРИС-КЭ?

Приборы для измерения качества электрической энергии

Многофункциональные электрические тестеры АКИП-8401, АКИП-8402 АКИП™	
	<ul style="list-style-type: none">➤ Комбинированные приборы для измерения параметров электрических сетей и контроля норм электробезопасности оборудования➤ Проверка целостности и измерение сопротивления защитных проводников заземления и зануления (ток > 200 мА)➤ Измерение параметров УЗО (АС, А - общего и селективного типа): время отключения, ток отключения, напряжение прикосновения, полное сопротивление цепи заземления без отключения УЗО (ток 15 мА)➤ Измерение полного сопротивления цепи «Ф-Ф», «Ф-Н» и петли «Ф-З», вычисление ожидаемого тока КЗ (до 41,5 кА)➤ Измерение сопротивления изоляции до 2 ГОм (50 В, 100 В, 250 В, 500 В, 1000 В)➤ Функция «Автоизмерение» (полное сопротивление цепи заземления + тест УЗО + измерение сопротивления изоляции)➤ Определение правильности подключения и последовательности чередования фаз (индикация)➤ Измерение токов утечки➤ Измерение в однофазных сетях: переменного тока и напряжения (TRMS), активной / реактивной / полной мощности, коэф. мощности, гармоник тока и напряжения (АКИП-8402 опционально)

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Измерение параметров окружающей среды: температуры, влажности, освещенности, уровня звука/шума (АКИП-8402 опционально) ➤ Внутренняя память (500 тестов) ➤ ЖК-дисплей, батарейное питание, автовыключение, справочное меню ➤ Оптический USB интерфейс (опционально: ПО для анализа + кабель) ➤ Исполнение с двойной изоляцией корпуса (класс 2)
--	---

Анализатор - регистратор качества электроэнергии с функцией измерения фликера REN-700

	<p>Цифровой анализатор-регистратор REN-700 марки SONEL предназначен для регистрации с возможностью передачи данных измерения в компьютер следующих параметров качества электроэнергии (согласно ГОСТ 13109-97)</p> <p>Фликер (мерцание) – субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти источники.</p>
--	---

Регистратор показателей качества электрической энергии «ПАРМА РК 3.02»

	<p>Прибор предназначен для измерения и регистрации показателей качества электроэнергии (ПКЭ) по ГОСТ 13109 в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока.</p> <p>ПАРМА РК 3.02 позволяет организовывать мониторинг ПКЭ в распределительных сетях региона, области, крупных промышленных объектов.</p>
---	--

Регистратор показателей качества электрической энергии «ПАРМА РК 3.01»



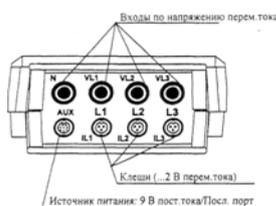
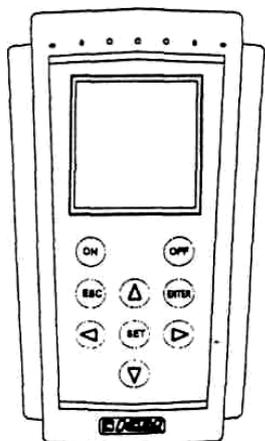
Предназначен для измерения и регистрации показателей качества электроэнергии (ПКЭ) по ГОСТ 13109 в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока.

Переносной эталонный счетчик, анализатор качества электроэнергии, прибор сравнения (компаратор) и регистратор в одном приборе Энергомонитор 3.3



Измерение и регистрация электроэнергетич. величин и показателей качества энергии; проверка счетчиков; энергетическое обследование предприятий

Анализатор электропотребления AR.5



Анализаторы серии AR5 являются программируемыми приборами, которые измеряют, вычисляют и сохраняют в памяти основные параметры трехфазных электрических сетей.

Измерения при помощи трех входов по напряжению переменного тока и трех входов по току переменного тока (через клещи ...12 В переменного тока), которые обеспечивают одновременный анализ напряжения, тока и активной мощности для трех фаз, а также частоты, в определенной питающей сети.

Вычисления при помощи встроенного процессора, который вычисляет остальные электрические параметры, такие как: коэффициент мощности, индуктивная или емкостная мощность трех фаз, активная и реактивная (индуктивная и емкостная) энергии.

Сбор данных во внутреннюю память (256 кБ или 1 МБ в соответствии с моделью) для дальнейшей загрузки в компьютер. Измеренные и вычисленные данные периодически сохраняются в такой памяти через определенный пользователем интервал времени (от 1 с до 4 ч).

Литература

1. П. Н. Сенигов. Качество электрической энергии в трехфазной сети. Руководство по выполнению базовых экспериментов. КЭТ.001 РБЭ (921) - Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2006. - 51 с.
2. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. — М. : Издательский дом МЭИ, 2006. — 320 с. : ил.
3. Качество электрической энергии / В.В. Суднова. — М.: ЗАО «Энергосервис», 2000. — 80 с.
4. Анчарова Т.В., Гамазин С.И., Шевченко В.В. Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях. М.: Высшая школа. 1990.
5. Шидловский А.К., Борисов Б.П. Симметрирование однофазных и двухплечевых электротехнологических установок. Киев. Наукова думка. 1977.
6. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергия. 1974.
7. Шишкин С.А. Построение схем измерения входных параметров регуляторов реактивной мощности конденсаторных установок // Электротехника. 2003. №10.
8. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Минск. ИПК Издательство стандартов. 1998.

Оглавление

Показатели качества электрической энергии.....	3
Глоссарий.....	3
Стандартные обозначения.....	5
Основные нормально и предельно допустимые показатели качества электроэнергии.....	7
Основные способы улучшения показателей качества напряжения.....	14
Виды контроля КЭ.....	14
Симметрирование напряжений с помощью конденсаторной батареи.....	15
Встречное регулирование напряжения.....	17
Регулирование напряжения путем поперечной и продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи.....	18
Компенсация высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства.....	19
Лабораторная установка для исследования показателей качества электрической энергии.....	22
Трехфазный источник питания (ТИП.201.2 РЭ).....	22
Однофазный источник питания (ОИП.218РЭ).....	23
Активная нагрузка (АН.306.1 РЭ).....	24
Модель линии электропередачи (МЛЭ.313.2 РЭ).....	24
Устройство продольной емкостной компенсации (УПЕК.315.2 РЭ).....	25
Емкостная нагрузка (ЕН.317.2РЭ).....	26
Индуктивная нагрузка (ИН.324.2 РЭ).....	26
Блок диодов (БД.332 РЭ).....	27
Трехфазная трансформаторная группа (ТТГ.347.3 РЭ).....	28
Фильтрокомпенсирующее устройство (ФКУ.392РЭ).....	28
Коммутатор измерителя мощностей (КИМ.349 РЭ).....	29
Измеритель мощностей (ИМ.507.2РЭ).....	29
Трансформатор тока (ТТ.403.1 РЭ).....	30
Трансформатор напряжения (ТН.405РЭ).....	31
Блок мультиметров (БМ.508.2РЭ).....	32
Измеритель параметров и показателей качества электроэнергии (ИППКЭ.525 РЭ).....	33
ЭРИС-КЭ.06 Счетчик активной и реактивной электроэнергии трехфазный. Измеритель показателей качества электрической энергии.....	34
Принятые обозначения и сокращения.....	34
Назначение измерителя.....	35
Технические характеристики.....	36
Устройство и работа измерителя.....	54
Порядок работы.....	55
Приложение.....	60
Указания по оформлению и содержанию отчета.....	61
Лабораторная работа № 1 Симметрирование напряжений с помощью конденсаторной батареи.....	61
Краткая характеристика работы.....	61
Задание.....	63
Порядок проведения опытов.....	64
Контрольные вопросы.....	64
Лабораторная работа № 2 Встречное регулирование напряжения.....	65
Краткая характеристика работы.....	65

Задание.....	66
Порядок проведения опытов	66
Контрольные вопросы	67
Лабораторная работа № 3 Регулирование напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи	67
Краткая характеристика работы	67
Задание.....	68
Порядок проведения опытов	68
Контрольные вопросы	69
Лабораторная работа № 4 Регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи	69
Краткая характеристика работы	70
Задание.....	70
Порядок проведения опытов	71
Контрольные вопросы	72
Лабораторная работа № 5 Снижение генерации высших гармоник тока путем замены трехпульсового выпрямителя на шестипульсовый в схеме питания нагрузки постоянным током	72
Краткая характеристика работы	72
Задание.....	73
Порядок проведения опытов	74
Контрольные вопросы	75
Лабораторная работа № 6 Компенсация высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства	75
Краткая характеристика работы	75
Задание.....	76
Порядок проведения опытов	76
Контрольные вопросы	77
Лабораторная работа № 7 Измерение параметров и показателей качества электрической энергии в трехфазной сети с использованием измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06	77
Краткая характеристика работы	78
Задание.....	78
Схемы моделируемых электрических сетей	79
Порядок проведения опытов	80
Контрольные вопросы	81
Лабораторная работа № 8 Просмотр и оформление результатов измерений параметров и показателей качества электрической энергии в трехфазной сети с использованием измерителя параметров и показателей качества электроэнергии ЭРИС-КЭ.06.....	81
Краткая характеристика работы	81
Задание.....	82
Порядок проведения опытов	83
Контрольные вопросы	84
Приборы для измерения качества электрической энергии.....	84

Литература.....	88
Оглавление.....	89

Учебное издание

**Лукутин Борис Владимирович
Муравлев Игорь Олегович
Муравлев Алексей Игоревич**

**КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинала-макета**

Подписано к печати. Формат 60х84/16. Бумага «Классика».

Печатный листы RISO. Усл. печ. л. Уч.-издл.

Заказ . Тираж 100 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел/факс 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru