МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ И АНАЛИЗУ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

РД 34.15.501-88

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ И АНАЛИЗУ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

РД 34.15.501-88

Р А З Р А Б О Т А Н О Всесоюзным научно-исследовательским институтом электроэнергетики (ВНИИЭ)

И С П О Л Н И Т Е Л И Л.А.БИБЕР, В.Н.НИКИФОРОВА, А.И.ЕВПЛОВ, В.Ю.СТЕПАНОВА
В работе принимали участие: С.Б.БЕЛЛО (ЛКС Ленэнерго) К.С.МАРКУШЕВИЧ (Латвэнерго)

С О Г Л А С О В А Н О с Главным управлением по государственному энергетическому надзору I5.I2.88 г.

Главный инженер Ю.В.КОПЫТОВ

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации 22.I2.88 г.

Заместитель начальника К.М.АНТИПОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ И АНАЛИЗУ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

РД 34.I5.50I-88

Срок действия установлен
с 0I.I2.89 г.
до 0I.I2.94 г.

Настоящие Методические указания устанавливают в соответствии с ГОСТ I3I09-87 основные положения по контролю качества электрической энергии на границах раздела балансовой принадлежности электрических сетей общего назначения энергоснабжающих и энергопотребляющих организаций в установившихся режимах их работы, а также основные положения по анализу качества электрической энергии в указанных электрических сетях.

Методические указания предназначены для персонала энергоснабжающих и энергопотребляющих организаций, ответственного за техническое и организационное обеспечение требуемого качества электрической энергии в подведомственных электрических сетях и на границах раздела их балансовой принадлежности.

Настоящие Методические указания не определяют порядка применения финансовых санкций к качеству электроэнергии, которые определяются "Правилами применения скидок и надбавок к тарифам за качество электроэнергии", вводимыми в действие с I января I99I г., и другими документами.

С введением в действие настоящих Методических указаний утрачивают силу "Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в электрических сетях общего назначения" (М.: СПО Союзтехэнерго, I983).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Контроль качества электроэнергии (КЭ) - это проверка соответствия качества электроэнергии установленным требованиям.

Анализ качества электроэнергии - это выяснение причин несоответствия ее качества установленным требованиям, разработка мероприятий по улучшению качества электроэнергии и прогноз изменения ее качества в результате внедрения намеченных мероприятий.

I.2. Перечень измеряемых величин при контроле и анализе качества электроэнергии в установившихся режимах работы энергосистемы и электрических сетей приведен в табл.I.I*.

I.3. Требования к качеству электроэнергии, установленные ГОСТ I3I09-87, распространяются на точки электрических сетей, к которым присоединяются электроприемники (ЭП) или потребители электрической энергии. В последнем случае требования к качеству электрической энергии устанавливают для границы раздела балансовой принадлежности (ГРБП) электрических сетей энергоснабжающей организации и потребителя** и фиксируют в договоре на пользование электрической энергией.

Допускается в обоснованных случаях в договоре указывать требования к качеству

---

*Контроль качества электроэнергии в переходных режимах работы энергосистемы и электрических сетей не рассматривается в данных Методических указаниях.

**Далее - граница раздела.

Таблица I.I

Основные измеряемые величины при контроле и анализе КЭ				Дополнительно измеряемые величины при анализе КЭ
Наименование ПКЭ	Допустимые значения по ГОСТ I3I09-87		Диапазон частот изменения ПКЭ, Гц, не менее	
	Нормальные	Максимальные		
Отклонение частоты	± 0,2 Гц	± 0,4 Гц	0-4	-
Отклонение напряжения:				
до I кВ	± 5%	± I0%	0-0,0I	Сила тока, активная и реактивная мощности, коэффициент мощности, количество электроэнергии по интервалам отклонений напряжения
6-20 кВ	-	± I0%		
35 кВ и выше	-	-		
Размах изменения напряжения	-	В соответствии с кривыми черт. I ГОСТ I3I09-87	0,0I-25	Сила тока, активная и реактивная мощности, активная и реактивная мощности модуляции, коэффициент мощности, входное активное, реактивное и полное сопротивления привключенной сети
Коэффициент искажения синусоидальности напряжения в электрической сети напряжением:				Коэффициент искажения синусоидальности тока, коэффициент n -й гармонической составляющей тока, фазовые углы сдвига n -й гармонической составляющей, активная, реактивная, полная мощности, активное, реактивное, полное сопротивления по частотам гармонических составляющих
до I кВ	5%	I0%	0-0,0I	
6-20 кВ	4%	8%		
35 кВ	3%	6%		
II0 кВ и выше	2%	4%		
Коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения в электрической сети напряжением:				
до I кВ	-	6(3)%	0-0,3	То же
6-20 кВ	-	5(2,5)%		
35 кВ	-	4(2)%		
II0 кВ и выше	-	2(I)%		
Коэффициент обратной последовательности напряжений	2%	4%	0-0,0I	Ток прямой, обратной и нулевой последовательностей, фазовые углы сдвига обратной и нулевой последовательностей, активная и реактивная мощности обратной и нулевой последовательностей, активное, реактивное и полное сопротивления обратной и нулевой последовательностей
Коэффициент нулевой последовательности напряжений	2%	4%	0-0,0I	

электроэнергии не для границ раздела, а для других пунктов сети, принятых по согласованию между энергоснабжающей организацией и потребителем.

I.4. Требования, зафиксированные в договоре на пользование электрической энергией, должны выполняться для нормальных и максимальных значений показателей (см.табл.I.I). При этом значения показателей качества электрической энергии (ПКЭ) в установившемся режиме работы энергосистемы и электрической сети не должны выходить за пределы макси-

мальных значений, а в течение не менее 95% времени каждых суток значения показателей не должны выходить за пределы нормальных значений.

2. ВЫБОР ПУНКТОВ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

2.1. Контроль качества электрической энергии допускается производить не во всех точках (пунктах) электрической сети, указанных в п.1.3, а лишь в точках, являющихся характерными для данной электрической сети. Выбор характерных точек в электрической сети производят таким образом, чтобы по результатам измерений в этих точках оценить качество электроэнергии во всей рассматриваемой электрической сети[1].

Для анализа качества электроэнергии, как правило, необходимы измерения в дополнительных точках электрической сети.

Перечень пунктов измерения при контроле и анализе качества электроэнергии приведен в табл.2.1.

2.2. Выбор характерных пунктов измерения (см.табл.2.1) при контроле отклонений напряжения в электрической сети энергоснабжающей организации необходимо производить в следующем порядке:

сгруппировать линии, отходящие от центра питания (ЦП), по доминирующему характеру графиков нагрузки потребителей (производственные потребители, односменные, двухсменные и трехсменные предприятия, коммунально-бытовые, сельскохозяйственные потребители и т.д.);

выбрать в каждой из групп линий характерные потребители: ближайшие к ЦП и наиболее удаленные от него потребители[2] в режимах наибольшей и наименьшей нагрузок электрической сети; потребители с более жесткими требованиями к отклонениям напряжения на границе раздела; потребители с графиком нагрузки, резко отличающимся от общего графика нагрузки трансформатора центра питания.

При определении характерных потребителей следует использовать информацию о требованиях потребителей к отклонениям напряжения на границе раздела, а также информацию об ожидаемых потерях напряжения в сети энергоснабжающей организации в характерных режимах нагрузки сезонного периода, т.е. в режимах наибольшей и наименьшей нагрузок центра питания этого периода.

Информация об ожидаемых потерях напряжения может быть получена на основании:

расчетов потокораспределения в сетях напряжением 35 кВ и выше с учетом прогнозируемого роста нагрузок для характерных режимов нагрузки сезонного периода;

расчетов потокораспределения в сетях напряжением 6-20 кВ с учетом прогнозируемого роста нагрузок для характерных режимов нагрузки сезонного периода;

анализа предварительных сведений о протяженности линий, отходящих от центра питания, о загрузке и мощности распределительного трансформатора и др.;

измерения потерь напряжения.

2.3. В качестве характерных ЭП (см. табл.2.1) в электрической сети потребителя следует рассматривать электроприемники: ближайший и наиболее удаленный; с более жесткими пределами допустимых отклонений напряжения на их зажимах; с графиком нагрузки, резко отличающимся от общего графика нагрузки центра питания.

---

[1] В настоящих Методических указаниях в качестве электрической сети, подлежащей рассмотрению с точки зрения качества электроэнергии, принята распределительная электрическая сеть энергоснабжающей организации, получающая питание, как правило, от трансформатора 35-220/6-20 кВ, или электрическая сеть потребителя электроэнергии.

[2] Потери напряжения от границ раздела до центра питания соответственно минимальны и максимальны.

Таблица 2.I

Наименование измеряемого ПКЭ	Пункты измерения		
	Энергоснабжающая организация	Потребитель	
		ухудшающий КЭ	восприимчивый к КЭ
Отклонение частоты	Диспетчерские пункты ЦДУ, ОДУ, ПОЭЭ	Промышленные: ГРБП; коммунально-бытовые, сельскохозяйственные: пункты, оснащенные средствами измерения частоты	
Отклонение напряжения	ГРБП характерных потребителей Дополнительно: шины ЦП*	ГРБП. Дополнительно: входы характерных ЭП	
Размах изменения напряжения (доза колебаний напряжения)	ГРБП потребителей с резкопеременной нагрузкой; ГРБП ближайших восприимчивых потребителей. Дополнительно: точки общего присоединения**	ГРБП; входы ЭП с резкопеременной нагрузкой; входы ближайших восприимчивых ЭП. Дополнительно: точки общего присоединения	ГРБП; входы восприимчивых ЭП
Коэффициент искажения синусоидальности напряжения. Коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения	ГРБП искажающих потребителей; ГРБП ближайших восприимчивых потребителей; точки электрической сети с БК. Дополнительно: точки общего присоединения	ГРБП; входы искажающих ЭП; входы ближайших восприимчивых ЭП; точки электрической сети с БК. Дополнительно: точки общего присоединения	ГРБП; входы восприимчивых ЭП, точки электрической сети с БК
Коэффициент обратной последовательности напряжений	ГРБП потребителей с несимметричной нагрузкой; ГРБП ближайших восприимчивых потребителей. Дополнительно: точки общего присоединения	ГРБП; входы несимметричных ЭП; входы ближайших восприимчивых ЭП. Дополнительно: точки общего присоединения	ГРБП; входы восприимчивых ЭП
Коэффициент нулевой последовательности напряжений	Шины 0,4 кВ трансформатора 6-20/0,4 кВ. Дополнительно: в кабельных сетях напряжением 0,4 кВ: шины РЩ и ввод в дом; в воздушных сетях напряжением 0,4 кВ: шины РП и наиболее удаленные точки магистралей	-	-

*Центр питания - трансформатор 35-220/6-20 кВ, оборудованный устройством регулирования под нагрузкой (РПН), к шинам низкого напряжения которого присоединены линии распределительной сети 6-20 кВ.

**Точка общего присоединения (ТОП) - точка в электрической сети энергоснабжающей организации, ближайшая к рассматриваемому потребителю, к которой присоединены или могут быть присоединены другие потребители.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ И МАКСИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ПУНКТАХ КОНТРОЛЯ

3.1. Определение нормальных и максимальных значений отклонений частоты

3.1.1. Нормальные и максимальные значения отклонения частоты устанавливают в соответствии с ГОСТ 13109-87.

3.2. Определение нормальных и максимальных значений отклонений напряжения

3.2.1. Нормальные значения отклонений напряжения в пункте измерения (в том числе и на границе раздела) устанавливают в виде диапазонов $\delta U_в - \delta U_н$ отдельно для режимов наибольших и наименьших нагрузок энергосистемы, где $\delta U_в$, $\delta U_н$ – верхний и нижний пределы нормальных значений отклонений напряжения.

3.2.2. Верхний и нижний пределы нормальных значений отклонений напряжения на границе раздела, фиксируемые в договоре на пользование электроэнергией, устанавливают на основании требований данного потребителя к отклонениям напряжения на границе раздела с учетом установленного в центре питания диапазона регулирования напряжения.

3.2.3. Верхний и нижний пределы нормальных значений отклонений напряжения, требуемые потребителем на границе раздела, определяют на основании соответствующих норм ГОСТ 13109-87 на входе характерных электроприемников в электрической сети потребителя, потерь напряжения от выбранных электроприемников до границы раздела и добавок напряжения, создаваемых средствами регулирования напряжения, установленными в электрической сети потребителя.

Формулы для расчета потребителем верхнего и нижнего пределов нормальных значений напряжения на типичных границах раздела в электрической сети, представленной на рис.3.1, приведены в табл. 3.1.

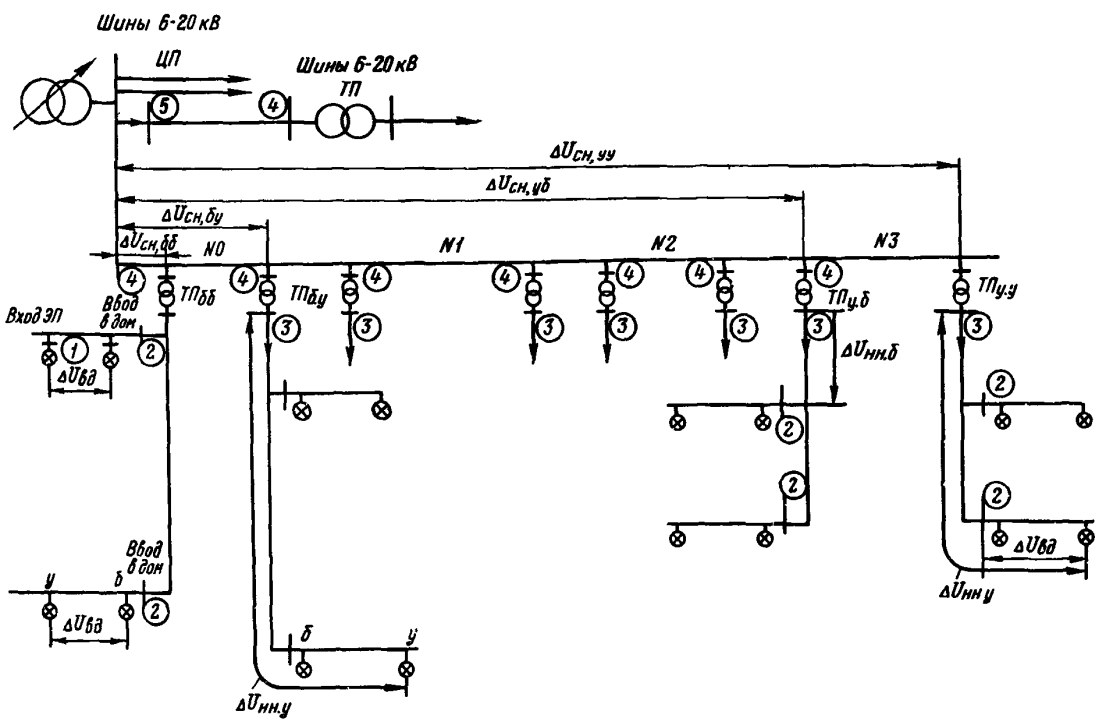


Рис.3.1. Схема электрической сети ЦП с возможными пунктами измерения

Таблица 3.I

Точка электрической сети или граница раздела	Допустимые пределы отклонений напряжения в					
	режиме наибольшей нагрузки (I), %		режиме наименьшей нагрузки (II), %		режиме любой нагрузки, %	
	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел
Вход электроприемника – $-\delta U_{эп}$	δU_+	δU_-	δU_+	δU_-	δU_+	δU_-
Ввод в дом (распределительный щит) – $\delta U_{вд}$	δU_+	$\delta U_- + \Delta U^{I}_{вд}$	δU_+	$\delta U_- + \Delta U^{II}_{вд}$	δU_+	$\delta U_- + \delta U^{I}_{вд}$
Шины 0,4 кВ трансформаторной подстанции 6–20/0,4 кВ $\delta U_{тп\,(0,4)}$	$\delta U_+ + \Delta U^{I}_{нн.б}$	$\delta U_- + \Delta U^{I}_{нн.у}$	$\delta U_+ + \delta U^{II}_{нн.б}$	$\delta U + \delta U^{II}_{нн.у}$	$\delta U_+ + \delta U^{II}_{нн.б}$	$\delta U_- + \Delta U^{I}_{нн.у}$
Шины 6–20 кВ трансформаторной подстанции 6–20/0,4 кВ – $\delta U_{тп\,(6-20)}$ или шины 6–20 кВ распределительного пункта $\delta U_{рп\,(6-20)}$	$\delta U^{I}_{тп(0,4)в} + \Delta U^{I}_{т} - E_т$	$\delta U^{I}_{тп(0,4)н} + \Delta U^{I}_{т} - E_т$	$\delta U^{II}_{тп(0,4)в} + \Delta U^{II}_{т} - E_т$	$\delta U^{II}_{тп(0,4)н} + \Delta U^{II}_{т} - E_т$	$\delta U^{II}_{тп(0,4)в} + \Delta U^{II}_{т} - E_т$	$\delta U^{I}_{тп(0,4)н} + \Delta U^{I}_{т} - E_т$
Шины 6–20 кВ трансформаторной подстанции 35–220/6–20 кВ – $\delta U_{пст\,(6-20)}$	$\delta U^{I}_{тп(6-20)б.б.в.} + \Delta U^{I}_{сн.б.б.} - 0{,}5$	$\delta U^{I}_{тп(6-20)у.у.н} + \Delta U^{I}_{сн.у.у} + 0{,}5$	$\delta U^{II}_{тп(6-20)у.б.в} + \Delta U^{II}_{сн.у.б} - 0{,}5$	$\delta U^{II}_{тп(6-20)б.у.н} + \Delta U^{II}_{сн.б.у} + 0{,}5$	$\delta U^{II}_{тп(6-20)у.б.в} + \Delta U^{II}_{сн.у.б} - 0{,}5$	$\delta U^{I}_{тп(6-20)у.у.н} + \Delta U^{I}_{сн.у.у} + 0{,}5$

В табл. 3.I приняты следующие обозначения:

δU_+ и δU_- – верхний и нижний пределы нормальных значений отклонений напряжения на входе электроприемника в соответствии с ГОСТ I3I09-87,%;

$\Delta U_{вд}$ – внутридомовые потери напряжения до наиболее удаленного электроприемника, %;

$\Delta U_{нн.б}$; $\Delta U_{нн.у}$ – потери напряжения в сети 0,4 кВ до ближайшего и наиболее удаленного электроприемника, %;

ΔU_T – потери в трансформаторе, %;

$\Delta U_{сн.б.б}$, $\Delta U_{сн.у.у}$ – потери напряжения в сети 6–20 кВ до ближайшей и наиболее удаленной трансформаторной подстанции (ТП) 6–20/0,4 кВ или распределительного пункта (РП) 6–20 кВ,%;

$\Delta U_{сн.у.б}$, $\Delta U_{сн.б.у}$ – потери напряжения в сети 6–20 кВ до ближайшей ТП (РП) наиболее удаленного участка сети, трансформаторы которого имеют наибольший номер отпайки в электрической сети, и до наиболее удаленной ТП (РП) ближайшего участка сети, трансформаторы которого имеют нулевой номер отпайки, %;

$\delta U_{вд.в(н)}$ – верхний (нижний) предел нормальных значений отклонений напряжения на вводе в дом, %;

$\delta U_{тп(0,4)в(н)}$ – верхний (нижний) предел нормальных значений отклонений напряжения на шинах 0,4 кВ ТП 6–20/0,4 кВ, %;

$\delta U_{тп(6-20)в(н)}$ – верхний (нижний) предел нормальных значений отклонений напряжения на шинах 6–20 кВ ТП 6–20/0,4 кВ, %;

$\delta U_{рп(6-20)в(н)}$ – то же на шинах 6–20 кВ РП, %;

$\delta U_{пст(6-20)в(н)}$ – то же на шинах 6–20 кВ трансформаторной подстанции 35–220/6–20 кВ,%;

I (II) – индексы, обозначающие режим наибольшей (наименьшей) нагрузки ЦП;

E_T – добавка напряжения трансформатора 6–20/0,4 кВ.

3.2.4. При расчетах по формулам табл.3.I следует учесть, что фактические потери напряжения в элементах электрической сети должны не превышать предельных значений.

Для внутридомовых сетей потери напряжения должны не превышать 3%. Для сетей напряжением до I000 В допустимые потери напряжения приведены в табл. 3.2.

В электрических сетях напряжением 6–20 кВ потери напряжения (с учетом потерь в трансформаторах) при однородной нагрузке сетевых ТП 6–20/0,4 или соответствующих РП должны не превышать 6 %. При этом потери напряжения в трансформаторах 6–20/0,4 кВ должны не превышать расчетных значений, определяемых при проектной загрузке трансформатора и оптимальном значении реактивной мощности в режиме наибольших нагрузок энергосистемы.

3.2.5. Для расчета потерь напряжения в кабельных и воздушных линиях 0,4 и 6–I0 кВ, а также в трансформаторах 6–20/0,4 и 35–II0/6–20 кВ целесообразно использовать данные, приведенные в приложении I.

Таблица 3.2

Ступени регулирования трансформатора 6–20/0,4 кВ	Допустимые потери напряжения при нижнем пределе отклонения напряжения на входе электроприемника, %	
	-5	-7.5*
2,5	7,5	I2,5
5,0	5,0	I0

*Для эксплуатируемых электрических сетей сельскохозяйственного назначения, спроектированных и построенных до I.0I.89 г.

3.2.6. С достаточной для практических расчетов точностью потери напряжения в линиях в режиме наименьших нагрузок энергосистемы могут быть определены по формуле

$$\Delta U^{II} = \beta \Delta U^{I}; \qquad (3.1)$$

$$\beta = \frac{I^{II}}{I^{I}} \qquad (3.2)$$

где β – отношение минимальной токовой нагрузки линии I^{II} к максимальной I^{I}, отн.ед.;

ΔU^{I} – потери напряжения в линиях в режиме наибольших нагрузок центра питания.

3.2.7. В табл. 3.3. приведен пример типичных требований коммунально-бытовых потребителей к нормальным значениям отклонений напряжения при следующих условиях:
$\delta U_{\pm} = \pm 5\%$; $\Delta U_{вд} = 3\%$; $\Delta U_{нн.у} = 7,5\%$; $\Delta U_{нн.б} = I\%$; $\Delta U_T^I = 2\%$; $\Delta U_{сн.б.б} = 2\%$; $\Delta U_{сн.у.у} = 6\%$; $\beta = 0,25$.

3.2.8. В табл.3.4 приведен пример типичных требований сельскохозяйственных потребителей к нормальным значениям отклонений напряжения в электрических сетях, спроектированных до 1987 г., при следующих условиях: $\delta U_{\pm} = \pm 7{,}5\%$; $\delta U_{\delta\delta} = 1{,}5\%$; $\Delta U_{нн.у} = 6\%$; $\Delta U_{нн\,\delta} = 0\%$; $\Delta U_T^I = 2\%$; $\Delta U_{сн\,\delta.\delta} = 2\%$; $\Delta U_{сн\,у.у} = 8\%$; $\beta = 0{,}2$.

3.2.9. В табл.3.5 приведен пример требований сельскохозяйственных потребителей к нормальным значениям отклонений напряжения в электрических сетях при $\delta U_{\pm} = \pm 5\%$. Остальные данные такие же, как для табл.3.4.

Таблица 3.3

Точка электрической сети или граница раздела	Допустимые пределы отклонений напряжения в					
	режиме наибольшей нагрузки (I), %		режиме наименьшей нагрузки (II), %		режиме любой нагрузки, %	
	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел
Вход электроприемника – $\delta U_{эп}$	+5	-5	+5	-5	+5	-5
Ввод в дом – $\delta U_{вд}$	+5	-2	+5	-4	+5	-2
Шины 0,4 кВ трансформаторной подстанции 6-20/0,4 кВ – $\delta U_{тп(0,4)}$	+6	+2,5	+5	-3	+5	+2,5
Шины 6-20 кВ трансформаторной подстанции 6-20/0,4 кВ или РП 6-20 кВ – $\delta U_{тп(6-20)}$	$+8-E_T$	$4{,}5-E_T$	$5{,}5-E_T$	$-2{,}5-E_T$	$-5{,}5-E_T$	$+4{,}5-E_T$
Шины 6-20 кВ трансформаторной подстанции 35-220/6-20 кВ – $\delta U_{пст(6-20)}$	+9,5	+6,0	+1,0	-1,0	–	–

Таблица 3.4

Точка электрической сети или граница раздела	Допустимые пределы отклонений напряжения в					
	режиме наибольшей нагрузки (I), %		режиме наименьшей нагрузки (II), %		режиме любой нагрузки, %	
	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел
Вход электроприемника – $\delta U_{эп}$	+7,5	-7,5	+7,5	-7,5	+7,5	-7,5
Ввод в дом – $\delta U_{вд}$	+7,5	-6,0	+7,5	-7,0	7,5	-6,0
Шины 0,4 кВ трансформаторной подстанции 6-20/0,4 кВ $\delta U_{тп(0,4)}$	+7,5	-1,5	+7,5	-6,0	7,5	-1,5
Шины 6-20 кВ трансформаторной подстанции 6-20/0,4 кВ $\delta U_{тп(6-20)}$	$+9{,}5-E_T$	$+0{,}5-E_T$	$+8-E_T$	$-5{,}5-E_T$	$8-E_T$	$0{,}5-E_T$
Шины 6-20 кВ трансформаторной подстанции 35-220/6-20 кВ $\delta U_{пст(6-20)}$	+11,0	+1,5	+1,5	-3,0	–	–

Таблица 3.5

Точка электрической сети или граница раздела	Допустимые пределы отклонений напряжения в					
	режиме наибольшей нагрузки(I), %		режиме наименьшей нагрузки(II), %		режиме любой нагрузки, %	
	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел
Вход электроприемника – $\delta U_{эп}$	+5,0	-5,0	+5,0	-5,0	+5,0	-5,0
Ввод в дом – $\delta U_{вд}$	+5,0	-3,5	+5,0	-4,5	+5,0	-3,6
Шины 0,4 кВ трансформаторной подстанции 6-20/0,4 кВ – $\delta U_{тп(0,4)}$	+5,0	+I,0	+5,0	-3,5	+5,0	+I,0
Шины 6-20 кВ трансформаторной подстанции 6-20/0,4 кВ – $\delta U_{тп(6-20)}$	$+7,0-E_т$	$+3,0-E_т$	$+5,5-E_т$	$-3,0-E_т$	$+5,5-E_т$	$+3,0-E_т$
Шины 6-20 кВ трансформаторной подстанции 35-220/6-20 кВ – $\delta U_{пст(6-20)}$	+8,5	+4,0	-I,0	-2,0	-	-

3.2.10. Требования к нормальным значениям отклонений напряжения на границе раздела, определенные потребителем, должны быть представлены им в энергоснабжающую организацию. При их отсутствии энергоснабжающая организация вправе использовать для их определения данные, типичные для рассматриваемой электрической сети.

3.2.11. На основании требований характерных потребителей к нормальным значениям отклонений напряжения на границе раздела, полученных в соответствии с пп.3.2.3-3.2.9, энергоснабжающая организация определяет требуемый диапазон регулирования в центре питания. При необходимости диапазон регулирования напряжения определяют для каждого из сезонных периодов нагрузки следующего года. В этом случае следует рассматривать два сезонных периода: летний и зимний, но в случае значительного годового изменения нагрузок целесообразно учесть дополнительно осенний и весенний периоды.

Порядок определения необходимого диапазона регулирования в центре питания рассмотрен в приложении 2.

3.2.12. На основании выбранных диапазонов нормальных значений напряжения в центре питания энергоснабжающая организация должна проверить выполнимость требований потребителей, установленных в соответствии с пп.3.2.3-3.2.9. Для этого следует определить расчетные пределы нормальных значений отклонений напряжения на границе раздела с характерными потребителями

$$\delta U_{р}^{I} = \delta U_{в.цп} - \Delta U^{I} + E_{доб}^{I}; \qquad (3.3)$$

$$\delta U_{р}^{II} = \delta U_{н.цп} - \Delta U^{II} + E_{доб}^{II}, \qquad (3.4)$$

где $\delta U_{р}^{I}$, $\delta U_{р}^{II}$ – пределы расчетных значений отклонений напряжения на границе раздела с потребителем в режимах наибольших и наименьших нагрузок центра питания, %;

$\delta U_{в.цп}$, $\delta U_{н.цп}$ – верхний и нижний пределы диапазона регулирования в центре питания, %;

ΔU^{I}, ΔU^{II} – потери напряжения от центра питания до границ раздела с характерным потребителем в режимах наибольшей и наименьшей нагрузок центра питания, %;

$E_{доб}^{I}$, $E_{доб}^{II}$ – добавочное напряжение, создаваемое регулирующими устройствами, установленными в электрической сети энергоснабжающей организации, соответственно в режимах наибольшей и

наименьшей нагрузок центра питания, %.

Аналогично определяют пределы нормальных значений отклонений на ГРБП с потребителями для каждого из сезонных периодов нагрузки. ($\delta U^{I}_{р.с}$, $\delta U^{II}_{р.с}$).

3.2.13. При обеспечении требований потребителя к отклонениям напряжения на границе раздела должно выполняться условие

$$\delta U_{в}^{I(II)} \geq \delta U_{р}^{I(II)} \geq \delta U_{н}^{I(II)} \text{ или}$$
$$\delta U_{в}^{I(II)} \geq \delta U_{р.с}^{I(II)} \geq \delta U_{н}^{I(II)} , \qquad (3.5)$$

где $\delta U_{в}^{I(II)}$, $\delta U_{н}^{I(II)}$ требуемые нормальные значения отклонений напряжения, определенные в соответствии с пп.3.2.3-3.2.9.

Если условие не выполняется, то энергоснабжающая организация совместно с представителями Энергонадзора вправе предложить потребителю использовать дополнительные средства местного регулирования напряжения для обеспечения этих условий.

3.2.14. При контроле отклонений напряжения не на границе раздела требуемые нормальные значения отклонений напряжения в пункте контроля следует определять по формулам:

$$\delta U_{в.к} = \delta U_{в}^{I(II)} \pm \Delta U_{гк}^{I(II)} ;$$
$$\delta U_{н.к} = \delta U_{н}^{I(II)} \pm \Delta U_{гк}^{I(II)} , \qquad (3.6)$$

где $\delta U_{в.к}^{I(II)}$, $\delta U_{н.к}^{I(II)}$ требуемые верхнее и нижнее нормальные значения отклонений напряжения в контрольном пункте в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания, %;

$\Delta U_{гк}^{I(II)}$ потери напряжения между границей раздела и контрольным пунктом в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания, %.

3.2.15. При контроле правильности работы автоматических регуляторов напряжения проверяется соответствие уставок регулятора фактически осуществляемому закону регулирования. Так, при контроле правильности работы устройств автоматического регулирования коэффициента трансформации следует сопоставить линейный закон регулирования, соответствующий принятым уставкам по напряжению и току, фактическому графику регулирования напряжения при определенных токах нагрузки.

3.2.16. Максимальные значения отклонений напряжения на границах раздела с потребителями в электрических сетях напряжением до 20 кВ не должны превышать ±10%, в электрических сетях напряжением свыше 20 кВ - определяются по формулам, приведенным в приложении 2 (п.6), с учетом требований, предъявляемых к надежности и устойчивости работы электрооборудования и сетей.

3.3. Определение максимальных значений размахов изменений напряжения

3.3.1. Максимальные значения размахов изменений напряжения на границе раздела воспринимчивых потребителей устанавливают в соответствии с ГОСТ 13109-87.

3.3.2. Максимальные значения размахов изменений напряжения на границе раздела потребителей, создающих колебания напряжения в электрической сети энергоснабжающей организации, определяются в зависимости от удаленности этого потребителя от точки общего присоединения его с другими потребителями и наиболее жестких требований этих потребителей к колебаниям напряжения (рис.3.2)

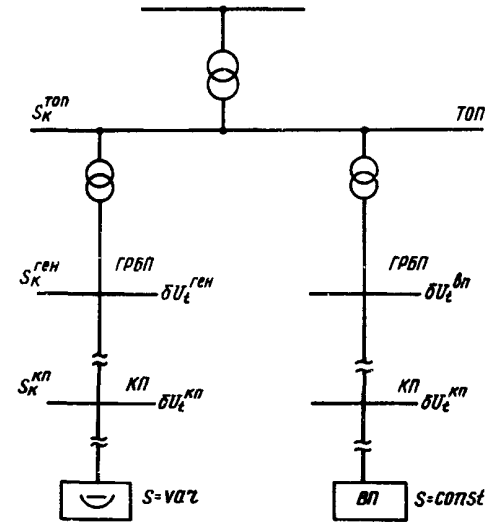


Рис.3.2. Схема электрической сети с источниками колебаний напряжения

$$\delta U_t^{ген} = \delta U_t^{вп} K \quad , \qquad (3.7)$$

где $\delta U_t^{ген}$ – максимальное значение размаха изменений напряжения на границе раздела потребителя, генерирующего колебания напряжения, %;

$\delta U_t^{вп}$ – максимальное значение размаха изменений напряжения в соответствии с ГОСТ 13109-87 на границе раздела наиболее восприимчивого из потребителей, получающих питание от точки общего присоединения, %;

K – коэффициент, определяемый по формуле

$$K = \frac{S_K^{топ}}{S_K^{ген}} \approx \frac{X_K^{ген}}{X_K^{топ}} \quad , \qquad (3.8)$$

где $S_K^{топ}, S_K^{ген}$ – мощности короткого замыкания в точке общего присоединения и на границе раздела потребителя, генерирующего колебания напряжения, мВ·А.

Данный коэффициент может быть рассчитан также по значению сопротивления участка сети между границей раздела и точкой общего присоединения

$$K = \frac{X_K^{топ} + X_{ГТ}}{X_K^{топ}} = \frac{X_K^{ген}}{X_K^{ген} - X_{ГТ}} \quad , \qquad (3.9)$$

где $X_K^{топ}, X_K^{ген}$ – сопротивления короткого замыкания в точке общего присоединения и на границе раздела генерирующего колебания напряжения потребителя, Ом;

$X_{ГТ}$ – сопротивление участка сети между границей раздела генерирующего потребителя и точкой общего присоединения его с другими потребителями, Ом.

3.3.3. При контроле колебаний напряжения не на границе раздела, а в пункте контроля, выбранном в электрической сети потребителя, генерирующего колебания напряжения, максимальное значение размаха изменений напряжения следует определять по формуле

$$\delta U_t^{кп} = \delta U_t^{ген} \frac{S_K^{ген}}{S_K^{кп}} \quad , \qquad (3.10)$$

где $\delta U_t^{кп}$ – максимальное значение размаха изменения напряжения в контрольном пункте, %;

$S_K^{кп}$ – мощность короткого замыкания в контрольном пункте, МВ·А.

Расчет $\delta U_t^{кп}$ может быть также произведен по значению сопротивления участка сети между границей раздела и контрольным пунктом

$$\delta U_t^{кп} = \delta U_t^{ген} (X_K^{ген} - X_{гк}) / X_K^{ген} \quad , \qquad (3.11)$$

где $X_{гк}$ – сопротивление участка сети между границей раздела и контрольным пунктом, Ом.

3.3.4. Максимальное значение размахов изменений напряжения в пункте контроля, выбранном в электрической сети восприимчивого потребителя, принимают равным значению на границе раздела, т.е.

$$\delta U_t^{кп} = \delta U_t^{вп} . \qquad (3.12)$$

3.3.5. Средние частоты изменений напряжения на границе раздела и в контрольном пункте принимаются одинаковыми.

3.4. Определение нормальных и максимальных значений коэффициентов искажения синусоидальности напряжения и максимальных значений коэффициентов n-й гармонической составляющей напряжения

3.4.1. На границе раздела с восприимчивыми к несинусоидальности напряжения потребителями нормальные и максимальные значения коэффициентов искажения синусоидальности напряжения, а также максимальные значения n-й гармонической составляющей напряжения устанавливают в соответствии с ГОСТ 13109-87.

Такие же значения устанавливают в договоре с потребителем, располагающим нелинейными нагрузками, если этот потребитель в ближайших точках общего присоединения с другими потребителями является единственным, кто создает искажение синусоидальности напряжения в электрической сети энергоснабжающей организации.

3.4.2. Если от точки общего присоединения (например, шины подстанции энергоснабжающей организации) одновременно с восприимчивыми потребителями получают питание несколько потребителей, располагающих нелинейными нагрузками, то при установлении договорных условий на границе раздела с такими потребителями следует воспользоваться одним из следующих способов.

3.4.2.1. Принять равным допустимое долевое участие каждого из потребителей в искажении синусоидальности в точке общего присоединения. Нормальное или максимальное значение коэффициента искажения синусоидальности напряжения и коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения для i-го потребителя следует определять по формулам:

$$K_{U\,i} = K_U/\sqrt{M} \quad ; \qquad (3.13,а)$$

$$K_{U(n)\,i} = K_{U(n)}/\sqrt{M} \quad , \qquad (3.13,б)$$

где K_U – нормальное или максимальное значение коэффициента искажения синусоидальности напряжения по ГОСТ 13109-87;

$K_{U(n)}$ – максимальное значение коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения по ГОСТ 13109-87;

M – число потребителей с нелинейными нагрузками, получающими питание от точки общего присоединения.

3.4.2.2. Установить нормальное и максимальное значения коэффициентов искажения синусоидальности напряжения и максимальное значение коэффициента n-й гармонической составляющей на границе раздела с i-м потребителем в зависимости от установленной мощности его искажающего синусоидальность напряжения оборудования $S_{иск.i}$ и суммарной установленной мощности искажающего оборудования всех потребителей $S_{иск.\Sigma}$, получающих питание от точки общего присоединения

$$K_{U\,i} = \beta_i K_U \quad ; \qquad (3.14,а)$$

$$K_{U(n)\,i} = \beta_i K_{U(n)} \quad ; \qquad (3.14,б)$$

где $$\beta_i = S_{иск.i} / S_{иск.\Sigma} \qquad (3.15)$$

Данный способ рекомендуется в тех случаях, когда присоединенные потребители располагают одним и тем же типом искажающей нагрузки (например, шестифазные преобразователи).

3.4.3. При наличии технико-экономического обоснования, представляемого заинтересованной стороной, и по согласованию между энергоснабжающей организацией и потребителем могут быть установлены иные договорные условия, чем рассчитанные по п.3.4.2.

3.4.4. При контроле искажения синусоидальности напряжения не на границе раздела, а в контрольном пункте, выбранном по согласованию между энергоснабжающей организацией и потребителем, в договоре на пользование электрической энергией целесообразно указать требования, определяемые в соответствии с пп. 3.4.1–3.4.3.

В тех случаях, когда контроль искажения синусоидальности напряжения проводится в пункте, номинальное напряжение которого отличается от номинального напряжения на границе раздела, для определения соответствующих значений коэффициента искажения синусоидальности напряжения и коэффициента n гармонической составляющей напряжения в контрольном пункте допускается использование формул (3.10)÷(3.12), если между границей раздела и контрольным пунктом данного потребителя не присоединены какие-либо дополнительные нагрузки (рис.3.3); а активные сопротивления элементов сети, располагающихся между границей раздела и контрольным пунктом, пренебрежимо малы и характер их реактивных сопротивлений одинаков.

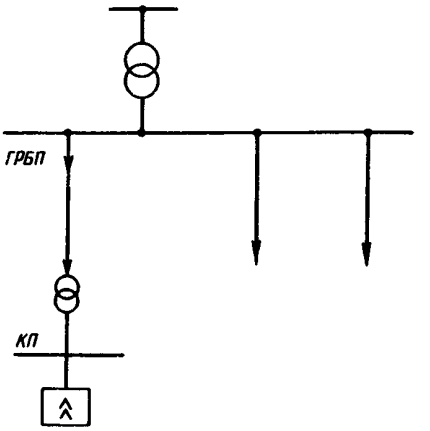


Рис.3.3. Схема электрической сети с источниками несинусоидальности напряжения

3.4.5. При заключении договорных условий с потребителями, располагающими нелинейной нагрузкой, следует учитывать требования, зафиксированные в технических условиях на проектирование присоединения данного потребителя (приложение 3).

3.5. Определение договорных значений коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжения

3.5.1. На границе раздела с восприимчивыми к несимметрии напряжений потребителями нормальные и максимальные значения коэффициентов обратной последовательности напряжения устанавливают в соответствии с ГОСТ 13109-87.

Такие же значения устанавливают в договоре с потреоителем, располагающим несимметричными нагрузками (печами электрошлакового переплава, тяговыми нагрузками, однофазными сварочными установками и др.), если этот потребитель в ближайших точках общего присоединения с другими потребителями является единственным, что создает несимметрию напряжений в электрической сети энергоснабжающей организации.

3.5.2. При определении договорных условий на границе раздела с потребителем, являющимся одним из нескольких ухудшающих несимметрию напряжений потребителей в рассматриваемой электрической сети, следует руководствоваться положениями, аналогичными указанным в п.3.4.2.

3.5.3. При наличии технико-экономического обоснования, представляемого заинтересованной стороной, и по согласованию между энергоснабжающей организацией и потребителем могут быть установлены иные договорные условия, чем рассчитанные по п.3.4.2.

3.5.4. При контроле несимметрии напряжений не на границе раздела, а в контрольном пункте, выбранном по согласованию между энергоснабжающей организацией и потребителем, нормальные и максимальные значения коэффициентов обратной последовательности напряжений следует определять по формулам, аналогичным (3.10 ÷ 3.12).

Полученные значения целесообразно зафиксировать в договоре на пользование электрической энергией.

3.5.5. Нормальное и максимальное значения коэффициента нулевой последовательности напряжения в контрольных пунктах, указанных в табл.2.1, устанавливают в соответствии с ГОСТ 13109-87.

4. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

4.1. Минимальная продолжительность измерения показателей качества электроэнергии для оценки соответствия их значений нормам ГОСТ 13109-87 и договорным обязательствам равна одним суткам.

4.2. В связи с возможным значительным изменением нагрузки электрической сети в течение недели контроль показателей качества электроэнергии должен быть проведен несколько раз с тем, чтобы охватить все характерные промежутки времени в течение недели.

Рекомендуется, чтобы общая продолжительность измерений показателей качества электроэнергии составила не менее 7 сут, исходя из недельной периодичности изменения нагрузки сети.

Допускается уменьшение общей продолжительности измерений, если известно, что дальнейшие измерения не приведут к изменению результатов.

4.3. Энергоснабжающая организация и потребители должны периодически контролировать качество электрической энергии.

Контроль отклонений частоты производится энергоснабжающей организацией (ЦДУ, ОДУ и на ЦДП энергосистем) постоянно.

Контроль отклонений напряжения следует проводить, как правило, ежеквартально, а при незначительном сезонном изменении нагрузок центра питания - два раза в год.

При незначительном изменении схемы, нагрузок и параметров элементов электрических сетей периодичность измерений допускается устанавливать энергоснабжающей организацией, но не реже одного раза в 3 года.

Контроль правильности работы автоматических регуляторов напряжения следует проводить в эти же сроки. Продолжительность измерений должна быть такой, чтобы охватить

интервалы суток, в которых значения тока компенсации соответствуют принятым при определении уставок регулятора.

Контроль остальных показателей качества электроэнергии следует проводить до и после подключения нагрузок, ухудшающих качество электроэнергии. При незначительном изменении схемы и параметров элементов электрических сетей, значения и характера нагрузок искажающих потребителей допускается проводить периодическую проверку не реже одного раза в три года.

4.4. В случае изменения схемы электрических сетей, параметров элементов сети, значения и характера нагрузок потребителей или по требованию потребителей следует проводить внеплановый контроль качества электрической энергии.

4.5. Конкретные сроки проведения контрольных измерений устанавливаются энергоснабжающей организацией по согласованию с потребителями в эксплуатационных режимах, соответствующих нормальным или длительным ремонтным схемам энергосистемы и системы электроснабжения потребителей.

5. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

5.I. При контроле показателей качества электроэнергии должны быть применены средства измерений, основные метрологические характеристики которых, а также погрешность результата измерений приведены в табл.5.I.

5.2. При отсутствии специальных приборов, указанных в табл.5.I, для контроля показателей качества электроэнергии допускается использовать средства измерений, основные метрологические характеристики которых, а также погрешность результатов измерения приведены в табл.5.2.

5.3. При выполнении измерений в целях анализа качества электроэнергии для определения вспомогательных параметров должны быть использованы средства измерений, основные метрологические характеристики которых приведены в табл. 5.3.

5.4. При отсутствии специальных приборов, указанных в табл.5.3, для измерения вспомогательных параметров допускается использовать средства измерений, основные метрологические характеристики которых приведены в табл.5.4.

5.5. Измерение показателей качества электроэнергии в целях контроля и анализа качества электроэнергии допускается производить специальными приборами, прошедшими ведомственную аттестацию, основные метрологические характеристики которых приведены в табл.5.5.

5.6. При одновременном измерении двух и более показателей качества электроэнергии в одном пункте контроля с помощью комплекта приборов 43203, 43204, 43250, подключаемых к одному измерителю статистических характеристик 4340I, необходим предварительный анализ возможности проведения такого рода измерений. При анализе сопоставляют упрощенные принципиальные схемы входных и выходных цепей измерительных приборов 43203, 43204, 43250 и 4340I, приведенные на рис. 5.I, со схемой соединения вторичных обмоток измерительных трансформаторов напряжения и тока, установленных в пункте контроля. Анализ необходим для предотвращения выхода из строя измерительных трансформаторов или вышеуказанных измерительных приборов.

Параметры элементов схемы, приведенной на рис.5.I:

$R1 \div R3$; $R7 \div R9 \geq 200$ кОм при $U_{ном} = 380$ В;

$R1 \div R3$; $R7 \div R9 \geq 50$ кОм при $U_{ном} = 100$ В;

$R4 \div R6 \geq 2{,}0$ кОм, $R10 = 0{,}1$ Ом, $R11$; $R12 \geq 1{,}0$ МОм, $R13 \geq 0{,}5$ кОм, $R14$, $R15 \geq 200$ кОм.

Таблица 5.I

№ п.п.	Наименование измеряемого ПКЭ по ГОСТ I3I09-87	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Диапазон допустимых значений измеряемого ПКЭ (в соответствии с ГОСТ I3I09-87)	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН) или тока (ТТ), класс точности/погрешность, %	Сведения о рекомендуемых средствах измерения (СИ) специального назначения					Абсолютная погрешность результата измерения ПКЭ с вероятностью $P=0,95$	
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные средств измерения				
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики	без статистической обработки	с использованием прибора 43401
I	Отклонение частоты (Δf)	8.20. Непосредственная оценка	8.6	±0,2 Гц (норм); ±0,4 Гц (*max*); ±5 Гц (кратковременно)	-	Частотомер электронно-счетный щитовой (совместно с Ф253, Ф270, ПП-I50)	Ф246	Нормальный: 50±0,5 Гц	±0,02%	$R_{вх}\geq 40$ кОм; $U_{вх}=100$, 220 В; $t_{изм}\leq 0,25$ с; $K_U\leq 15\%$	±0,02%	-
								Рабочий: 50±2 Гц	±0,04%		±0,04%	
								Расширенный 50±5Гц	±0,04%		±0,04%	
2	Отклонение напряжения ($\delta U_{1(i)}$, $\delta U_{(i)}$)	8.I. Непосредственная оценка	8.2.2	±5% (норм); ±I0% (*max*)	-	Измеритель тока и отклонений напряжения (в однофазных и трехфазных сетях)	43203	(-20+0) %	±2,0%	$U_{вх}=220$, 380 В; $K_U\leq 20\%$; $S_{изм}\leq 5$ В·А	±2,0%	±2,5%
								(-I0+I0) %	±I,0%		±I,0%	±I,6%
								(0+20) %	±2,0%		±2,0%	±2,5%
					ТН 0,5/0,5			(-20+0) %	±2,0%		±2,3%	±2,5%
								(-I0+I0) %	±I,0%		±I,4%	±I,7%
								(20+0) %	±2,0%		±2,3%	±2,5%
					ТН 0,2/0,2			(-20+0) %	±2,0%		±2,0%	±2,5%
								(-I0+I0) %	±I,0%		±I,I%	±I,6%
								(0+20) %	±2,0%		±2,0%	±2,5%

Окончание таблицы 5.I

№ п.п	Наименование измеряемого ПКЭ по ГОСТ I3I09-87	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Диапазон допустимых значений измеряемого ПКЭ (в соответствии с ГОСТ I3I09-87)	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН) или тока (ТТ), класс точности/погрешность,%	Сведения о рекомендуемых средствах измерения (СИ) специального назначения					Абсолютная погрешность результата измерения ПКЭ с вероятностью P =0,95	
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные средств измерения			без статистической обработки	с использованием прибора 4340I
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики		
3	Коэффициент искажения синусоидальности напряжения (K_U); коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения (K_{Un})	8.I0,*а*. Непосредственная оценка	8.4.I	В соответствии с ГОСТ I3I09-87, Таблица I	–	Анализатор гармоник электрической сети	43250	(0÷5) %	±0,5%	U_{Bx}=220, 380 В; $S_{изм} \leq 5$ В·А	±0,5%	±0,6%
								(0÷I0) %	±I,0%		±I,0%	±I,2%
								(0÷20) %	±2,0%		±2,0%	±2,5%
								(0÷40) %	±4,0%		±4,0%	±4,9%
					ТН 0,5/0,5			(0÷5) %	±0,5%	U_{Bx}=I00, I00/$\sqrt{3}$ В	±0,5%	±0,6%
								(0÷I0) %	±0,5%		±I,0%	±I,2%
								(0÷20) %	±0,5%		±2,I%	±2,5%
								(0÷40) %	±0,5%		±4,I%	±4,9%
4	Коэффициенты обратной (K_{U_2}) и нулевой (K_{U_0}) последовательностей напряжения	8.I6. Непосредственная оценка	8.5.I	2% (норм); 4% (*max*)	–	Измеритель несимметрии цифровой	43204	(0÷5) %	±0,5%	U_{Bx}=220, 380 В; $S_{изм} \leq 5$ В·А	±0,5%	±0,6%
								(0÷I0) %	±I,0%		±I,0%	±I,2%
								(0÷20) %	±I,0%		±I,0%	±I,2%
					ТН 0,5/0,5			(0÷5) %	±0,5%	U_{Bx}=I00/$\sqrt{3}$, I00 В	±0,9%	±0,9%
								(0÷I0) %	±I,0%		±I,4%	±I,4%
								(0÷20) %	±I,0%		±I,4%	±I,7%
					ТН 0,2/0,2			(0÷5) %	±0,5%		±0,6%	±0,6%
								(0÷I0) %	±I,0%		±I,I%	±I,3%
								(0÷20) %	±I,0%		±I,I%	±I,6%

Таблица 5.2

№ п.п	Наименование измеряемого ПКЭ по ГОСТ 13109-87	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Диапазон допустимых значений измеряемого ПКЭ (в соответствии с ГОСТ 13109-87)	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН) или тока (ТТ), класс точности/погрешность,%	Сведения о рекомендуемых средствах измерения общепромышленного назначения					Абсолютная погрешность результата измерения ПКЭ для вероятности $p = 0,95$ и диапазонов: $U_{1(1)} = 90 \div 110\%$; $U_{2(1)} = 0 \div 10\%$; $U_{0(1)} = 0 \div 10\%$
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные средств измерения			
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики	
I	Отклонение напряжения ($\delta U_{1(1)}$) ГОСТ 13109-87, приложение 2, формула 2	8.3. Косвенное измерение	8.2.4	±5% (норм); ±10% (max)	-	Вольтметр цифровой	Ф292	0÷500 В	$\pm\left[0,5+0,2 \times \left(\frac{500}{U_x} - 1\right)\right]$ %	$R_{вх}$ = =500±50 кОм	±0,5%
	Формула 3										$\pm\left[0,47+\frac{U^2_{2(1)}}{4 \cdot U_{1(1)}}\right]$ %
	Формула 2	8.3. Косвенное измерение	8.2.4		ТН типа УТН-I 0,2/0,2	Вольтметр цифровой совместно с УТН-I		0÷100 В	$\pm\left[0,2+0,1 \times \left(\frac{100}{U_x} - 1\right)\right]$ %	$R_{вх}$= =100±10 кОм	±0,4%
	Формула 3										$\pm\left[0,4+\frac{U^2_{2(1)}}{4 \cdot U_{1(1)}}\right]$ %
	Формула 2	8.2. Косвенное измерение	8.2.4		ТН 0,5/0,5	Вольтметр цифровой совместно с делителем напряжения (ДН)	Ф292	0÷100 В	$\pm\left[0,2+0,1 \times \left(\frac{100}{U_x} - 1\right)\right]$ %	$R_{вх}$= =100±10 кОм	±0,6% для ТН 0,5/0,5
					ТН 0,2/0,2						±0,4% для ТН 0,2/0,2
	Формула 3				ТН 0,5/0,5						$\pm\left[0,63+\frac{U^2_{2(1)}}{4 \cdot U_{1(1)}}\right]$ % для ТН 0,5/0,5
					ТН 0,2/0,2						$\pm\left[0,39+\frac{U^2_{2(1)}}{4 \cdot U_{1(1)}}\right]$ % для ТН 0,2/0,2

Окончание таблицы 5.2

№ п.п.	Наименование измеряемого ПКЭ по ГОСТ 13109-87	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Диапазон допустимых значений измеряемого ПКЭ (в соответствии с ГОСТ 13109-87)	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН) или тока (ТТ), класс точности/погрешность,%	Сведения о рекомендуемых средствах измерения общепромышленного назначения					Абсолютная погрешность результата измерения ПКЭ для вероятности $P = 0,95$ и диапазонов: $U_{1(1)} = 90 \div 110\%$; $U_{2(1)} = 0 \div 10\%$; $U_{0(1)} = 0 \div 10\%$
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные средств измерения			
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики	
2	Коэффициент обратной последовательности напряжения (K_{U_2}) ГОСТ 13109-87 приложение 2, формула 12	8.3. Косвенное измерение	8.5.4	2% (норм); 4% (max)	-	Вольтметр цифровой	Ф292	0÷500 В	$\pm\left[0,5+0,2x\left(\frac{500}{U_x}-1\right)\right]$ %	$R_{вх}$ = =500±50 кОм	±0,7%
	Формула 13										$\pm\left[0,68+0,074\cdot U_{2(1)}\right]$ %
	Формула 12				ТН типа УТН-1 0,2/0,2			0÷100 В	$\pm\left[0,2+0,1x\left(\frac{100}{U_x}-1\right)\right]$ %	$R_{вх}$ = =100±10 кОм	±0,6%
	Формула 13										$\pm\left[0,58+0,074\cdot U_{2(1)}\right]$ %
	Формула 12	8.2. Косвенное измерение	8.5.4		ТН 0,5/0,5	Вольтметр цифровой совместно с делителем напряжения (ДН)	Ф292	0÷100 В	$\pm\left[0,2+0,1x\left(\frac{100}{U_x}-1\right)\right]$ %	$R_{вх}$ = =100±10 кОм	±0,9% для ТН 0,5/0,5
					ТН 0,2/0,2						±0,6% для ТН 0,2/0,2
	Формула 13				ТН 0,5/0,5						$\pm\left[0,88+0,074\cdot U_{2(1)}\right]$ % для ТН 0,5/0,5
					ТН 0,2/0,2						$\pm\left[0,54+0,074\cdot U_{2(1)}\right]$ % для ТН 0,2/0,2
3	Коэффициент нулевой последовательности напряжения (K_{U_0}) ГОСТ 13109-87 приложение 2, Формула 16	8.18. Косвенное измерение	8.5.4	2% (норм); 4% (max)	-	Вольтметр цифровой	Ф292	0÷500 В	$\pm\left[0,5+0,2x\left(\frac{500}{U_x}-1\right)\right]$%	$R_{вх}$= =500±50 кОм	$\pm\left[1,98+0,04\cdot U_{0(1)}+0,043U_{2(1)}\right]$%
	Формула 17 с учетом формулы 18										$\pm\left[1,2+\frac{U_{0(1)}+0,07\cdot U_{2(1)}^{2}+0,05U_{0(1)}U_{2(1)}}{0,135\cdot U_{1(1)}}\right]$%

	Формула I6				ТН типа УТН-I 0,2/0,2			0÷I00 В	$\pm\left[0,2+0,1x\left(\frac{100}{U_x}-1\right)\right]$ %	$R_{вх}$ = =I00±I0 кОм	$\pm\left[1,61+0,032\cdot U_{0(1)}+0,037U_{2(1)}\right]$%
	Формула I7 с учетом формулы I8										$\pm\left[1,05+\frac{U_{0(1)}+0,07\cdot U^2_{2(1)}+0,05\cdot U_{0(1)}U_{2(1)}}{0,135\,U_{1(1)}}\right]$%
	Формула I6				ТН 0,5/0,5	Вольтметр цифровой совместно с делителем напряжения (ДН)	Ф292	0÷I00 В	$\pm\left[0,2+0,1x\left(\frac{100}{U_x}-1\right)\right]$ %	$R_{вх}$ = =I00±I0 кОм	$\pm\left[3,33+0,069\cdot U_{0(1)}+0,052U_{2(1)}\right]$ %
					ТН 0,2/0,2						$\pm\left[1,98+0,044\cdot U_{0(1)}+0,03\cdot U_{2(1)}\right]$ %
	Формула I7 с учетом формулы I8				ТН 0,5/0,5						$\pm\left[1,96+\frac{U_{0(1)}+0,07\cdot U^2_{2(1)}+0,05U_{0(1)}U_{2(1)}}{0,135\,U_{1(1)}}\right]$%
					ТН 0,2/0,2						$\pm\left[1,24+\frac{U_{0(1)}+0,07\cdot U^2_{2(1)}+0,05U_{0(1)}U_{2(1)}}{0,135\,U_{1(1)}}\right]$%
4	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (K_U)	8.II; 8.I2. Непосредственная оценка	8.4.2	ГОСТ I3I09-87, таблица I	ТН 0,5/0,5	Измеритель нелинейных искажений автоматический цифровой	С6-8	0,I÷30%	$\pm\left[0,05\cdot K_r+0,03\right]$ %	$U_{вх}$=0,000I÷ ÷I00 В	±0,25% для $K_r \leq 5\%$; ±0,53% для $K_r \leq 10\%$
						Измеритель нелинейных искажений	С6-I2	0,03÷I00%	$\pm(0,03\cdot K_r+0,02)$ %	$U_{вх}$=0,I÷I00 В	±0,20% для $K_r \leq 5\%$; ±0,33% для $K_r \leq 10\%$
5	Коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения ($K_{U(n)}$)	8.I3. Непосредственная оценка	8.4.3			Анализатор спектра	С4-77	$U_{вх} \leq 3,0$ В	±0,8дБ		±I0%
						Анализатор спектра	СК4-83	$U_{вх} \leq I0$ В	±(I,5÷30)%		$(30-2,85\cdot U_n^-)$ %
6	Размахи изменения напряжения (δU_t)	8.8. Непосредственная оценка	8.3.I	ГОСТ I3I09-87, приложение 3, чертеж I	ТН 0,5/0,5	Светолучевой осциллограф совместно с СУ-I, усилителем У7-I (У7-6) и гальванометрическими вставками МОI4-I200	НII5; НII7; НII7/I	0÷3% 0÷6%	±I0%	$S_{изм} \leq 3$ В·А; $I_{max} \leq I5$ мА, градуировочное отклонение 70 мм; $I_{раб} \leq 8$ мА; магнитный блок МI062.3 $K_U \leq 2\%$	Для диапазона δU_t =0÷3% $\pm\left[0,05+0,06\cdot\delta U_t\right]$ %. Для диапазона δU_t =0÷6% $\pm\left[0,1+0,06\cdot\delta U_t\right]$ %

Таблица 5.3

№ п.п.	Наименование вспомогательного параметра	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН) и тока (ТТ), класс точности/погрешность, %	Сведения о рекомендуемых средствах измерения специального назначения					Абсолютная погрешность результата измерения вспомогательного параметра с вероятностью P =0,95	
					Наименование	Тип	Технические и метрологические данные средств измерения				
							Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики	без статистической обработки	с использованием прибора 4340I
I	Действующее значение тока (I)	8.I. Непосредственная оценка	8.2.6	ТТ 0,5/0,5, I_{II}=I,5÷5 А	Измеритель тока и отклонения напряжения	43203	0÷5 А	±0,I25 А (±2,5%)	$R_{ш}$=0,2 Ом	±(0,I2÷0,I4)А	±0,3I А
2	Действующее значение тока обратной ($I_{2(1)}$) и нулевой ($I_{0(1)}$) последовательностей	8.I7. Непосредственная оценка	8.5.2	ТТ 0,5/0,5, I_{II}=I,5÷5 А	Измеритель несимметрии цифровой	43204	0÷0,5 А	±0,I А	$R_{ш}$=0,2 Ом	±(0,I0÷0,I2)А	±(0,II÷0,I2)А
							0÷I,0 А	±0,2 А		±(0,20÷0,2I)А	±0,23 А
							0÷2 А	±0,2 А		±(0,20÷0,2I)А	±0,25 А
3	Фазовый угол сдвига напряжения и тока обратной и нулевой последовательностей (φ_{U_2}, φ_{U_0}, φ_{I_2}, φ_{I_0})	8.I6; 8.I7. Непосредственная оценка	8.5.2; 8.5.3	ТН 0,5/0,5 $\Delta\varphi_{U_2,U_0}$=±20′; ТТ 0,5/0,5, $\Delta\varphi_{I_2,I_0}$=±30′	То же	43204	0÷360°	±9°	–	±9°	±22,2°
4	Коэффициент n-й гармонической составляющей тока ($K_{I(n)}$)	8.I0,δ. Непосредственная оценка	8.4.I	–	Анализатор гармоник электрической сети	43250	0÷5%	±0,5%	$I_{(1)норм}$=5 А	±0,5%	±0,6%
							0÷I0%	±I,0%		±I,0%	±I,2%
							0÷20%	±2,0%		±2,0%	±2,5%
							0÷40%	±4,0%		±4,0%	±4,9%
5	Фаза высшей гармонической составляющей напряжения (тока) ($\varphi_{U(n)}$, $\varphi_{I(n)}$)	8.I0,a,δ. Непосредственная оценка	8.4.I	–	То же	43250	0÷360°	±I8° для $n \leq 20$	$I_{(1)норм}$ = =5 А	±I8°	±28°
								±36° для $n > 20$		±36°	±44,3°

Таблица 5.4

№ п.п	Наименование измеряемой величины	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Метрологические характеристики вспомогательных устройств	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН), тока (ТТ), класс точности/погрешность, %	Сведения о рекомендуемых средствах измерения общепромышленного назначения					Относительная погрешность измерения для вероятности $P = 0,95$
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные средств измерения			
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики	
I	Активная и реактивная мощности (P, Q)	8.7. Непосредственная оценка	8.2.7	И339: ±I,5%	ТН 0,5/0,5; ТТ 0,5/0,5	Преобразователи измерительные активной и реактивной мощности совместно с И339	Е849/I-МI; Е849/2-МI; Е849/3-МI; Е849/4-МI	(0÷5) А; (0÷I20) В; (80÷I20) В	±0,5%	$Cos\varphi$ =0÷I,0; $Sin\varphi$ =0÷-I,0; $I_{вых}$ =0÷5 мА; $R_м$ =0÷3 кОм	±2,2%
				-		Ваттметры и варметры самопишущие щитовые	И395 (И3095 с I988 г.)	2 кВт÷ ÷30 ГВт	±I,5%	$Cos\varphi$ =I,0; $Sin\varphi$ =0,8	±2,I%
2	Сила тока (I)	8.5; 8.6. Непосредственная оценка		-	ТТ 0,5/0,5	Ампервольтметр самопишущий переносный	И339	0,005÷ ÷5,0 А	±2,5%	-	±2,8%
		8.2. Косвенное измерение				Вольтметр цифровой	Ф292	0÷I0 В	$\pm\left[0,2+0,I\times\left(\frac{I0}{U_x}-I\right)\right]$ %	$R_{вх}$ > I00 кОм	±I,0%
3	Размахи изменений тока (δI_t)	8.9. Непосредственная оценка	8.3.2	У7-I: ±0,IдБ; У7-6: ±I,5%; МОI7-300: ±5%	ТТ 0,5/0,5	Осциллограф светолучевой совместно с гальванометрической вставкой МОI7-300, усилителем У7-I (У7-6), с согласующим устройством (СУ-3)	НПI5, НПI7	(I,8÷5) А	±2,5%	МОI7-300: $I_г \leq$ 0,4 мА; группа по невозвращению I (II); $R_{Внутр}$= 30 Ом; $R_{Внешн}$= 70 Ом; $f_г$ =65÷I80 Гц	±3,7%

Окончание таблицы 5.4

№ п.п	Наименование измеряемой величины	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Метрологические характеристики вспомогательных устройств	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН), тока (ТТ), класс точности/погрешность, %	Сведения о рекомендуемых средствах измерения общепромышленного назначения					Относительная погрешность измерения для вероятности $P = 0,95$
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные средств измерения			
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики	
4	Амплитудное значение тока гармонической составляющей (I_n)	8.I3; 8.I4. Непосредственная оценка	8.4.4	-	ТТ 0,5/0,5	Анализатор спектра совместно с двухкоординатным графопостроителем	С4-77	$U_{вх} \leq 3,0$ В; динамический диапазон 70-90дБ	±0,8дБ	$R_{вх}$ =I00 кОм	±I0,0%
							СК4-83	$U_{вх} \leq$I0 В	±(I,5+ +30)% при $U_{вх}$ = =I0 В+ +3I мВ	$R_{вх}$=50; 600 Ом; I00 кОм	±(30-2,8xI_n)%

Таблица 5.5

№ п.п.	Наименование измеряемого ПКЭ по ГОСТ 13109-87	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Диапазон допустимых значений измеряемого ПКЭ (в соответствии с ГОСТ 13109-87)	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН), тока (ТТ), класс точности/ погрешность, %	Сведения о рекомендуемых средствах измерения специального назначения, прошедших ведомственную аттестацию					Абсолютная погрешность результата измерения ПКЭ с вероятностью $P = 0,95$	
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные			без статистической обработки	с использованием приборов 4340I, Н339, Н37
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики		
I	Отклонение напряжения прямой последовательности ($\delta U_{1(1)}$)	8.I. Непосредственная оценка	8.2.3	±5% (норм); ±I0% (*max*)	–	Прибор комбинированный совместно с Н339	Ф4330; Н339	±5%	Ф4330 – ±I,5дБ; Ч339 – ±I,5%	$U_{вх}$=380 В; $K_{иск} \leq 2\%$	±0,9%	±I,0%
								±20%			±3,7%	±3,9%
					ТН 0,5/0,5			±5%		$U_{вх}$=I00 В	±I,3%	±I,4%
								±20%			±3,8%	±4,I%
					–	Прибор комбинированный совместно с 4340I	Ф4330; 4340I	±5%	Ф4330 – ±I,5дБ; 4340I – ±5,0%	$U_{вх}$=380 В	±0,9%	±I,2%
								±20%			±3,7%	±4,6%
					ТН 0,5/0,5			±5%		$U_{вх}$=I00 В	±I,3%	±I,3%
								±20%			±3,8%	±4,6%
2	Одновазное отклонение напряжения ($\delta U_{(1)}$)	8.4. Непосредственная оценка	8.2.5	–	–	Анализатор качества напряжения статистический	САКН-I	±I5% от $U_{оп}$, где $U_{оп} = U_{ном} \times$ $\times (I \pm n \cdot 0,025)$; $n = 0 \div 4$	"Границы": ±0,25%; "сдвиг": ±0,25%; "напряжение": ±0,25%	$U_{вх}$=I00; I27; 220 380 В; $K_{иск} \leq I0\%$; $S_{изм} \leq I0$ В·А	±0,6%	–
					ТН 0,5/0,5						±0,9%	
3	Коэффициент обратной последовательности напряжения (K_{U_2})	8.I6. Непосредственная оценка	8.5.3	2% (норм); 4% (*max*)	–	Прибор комбинированный совместно с Н339	Ф4330; Н339	0÷2,5%	Ф4330 – ±I,5дБ; Н339 – ±I,5%	$U_{вх}$=380 В	±0,5%	±0,5%
								0÷5%			±0,9%	±I,0%
								0÷I0%			±I,8%	±2,0%
								0÷20%			±3,7	±3,9%
					ТН 0,5/0,5			0÷2,5%		$U_{вх}$=I00 В	±0,9%	±0,9%
								0÷5%			±I,3%	±I,4%

Окончание таблицы 5.5

№ п.п.	Наименование измеряемого ПКЭ по ГОСТ 13109-87	Номер рисунка Методических указаний. Метод измерения	Номер пункта Методических указаний	Диапазон допустимых значений измеряемого ПКЭ (в соответствии с ГОСТ 13109-87)	Метрологические характеристики измерительных трансформаторов напряжения (ТН), тока (ТТ), класс точности/погрешность, %	Сведения о рекомендуемых средствах измерения специального назначения, прошедших ведомственную аттестацию					Абсолютная погрешность результата измерения ПКЭ с вероятностью $P=0,95$	
						Наименование	Тип	Технические и метрологические данные			без статистической обработки	с использованием приборов 4340I, Н339, Н37
								Диапазон измерения	Абсолютная или относительная, или приведенная погрешность	Прочие характеристики		
								0÷10%			±2,2%	±2,4%
								0÷20%			±3,8%	±4,2%
					–	Прибор комбинированный совместно с 4340I	Ф4330; 4340I	0÷2,5%	Ф4330 – ±1,5дБ; 4340I – ±2,5%	$U_{вх}$=380 В	±0,5%	±0,6%
								0÷5%			±0,9%	±1,2%
								0÷10%			±1,8%	±2,3%
								0÷20%			±3,7%	±4,6%
					ТН 0,5/0,5			0÷2,5%		$U_{вх}$=100 В	±0,9%	±1,0%
								0÷5%			±1,3%	±1,4%
								0÷10%			±2,1%	±2,4%
								0÷20%			±3,8%	±4,6%
4	Коэффициент нулевой последовательности напряжения (K_{U_0}) Коэффициент обратной последовательности напряжения (K_{U_2})	8.19. Непосредственная оценка	8.5.5		–	Анализатор несимметрии совместно с И-37 и Н37	АНЕС-I; И-37; Н37	0÷5%	±0,3%	$U_{вх}$=220, 380 В	±0,3%	±0,3%
								0÷15%	±0,8%		±0,8%	±0,9%
					ТН 0,5/0,5			0÷5%	±0,3%	$U_{вх}$=100 В	±0,7%	±0,8%
								0÷15%	±0,8%		±1,1%	±1,3%
5	Коэффициент искажения синусоидальности напряжения (K_U)	8.15. Непосредственная оценка	8.4.5	5% (норм); 10% (max	–	Анализатор несинусоидальности совместно с И-37 и Н37	АН; И-37; Н37	0÷10%	±0,6%	$U_{вх}$=127; 220;380 В	±0,6%	±0,7%
								0÷50%	±3,0%		±3,0%	±3,7%
					ТН 0,5/0,5			0÷10%	±0,6%	$U_{вх}$=100 В	±0,6%	±0,8%
								0÷50%	±3,0%		±3,0%	±3,8%

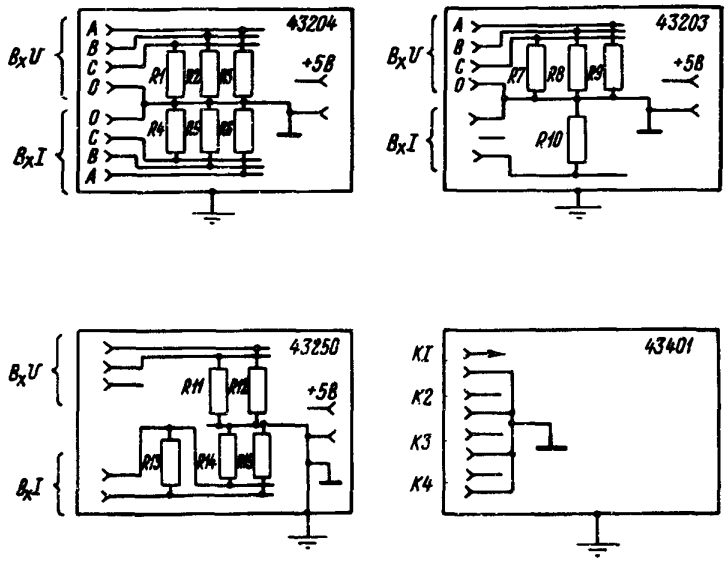


Рис.5.I. Упрощенные принципиальные схемы входных и выходных цепей измерительных приборов 43203, 43204, 43250, 43401

6. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ И КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

6.I. При выполнении измерений показателей качества электроэнергии должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ I2.I.004-85, ГОСТ I2.I.003-76, ГОСТ I2.I.002-75, ГОСТ I2.I.005-76, СН I978-79, СНиП IУ-А.8-72, СНиП IУ-А.9-7I.

6.2. Помещения, предназначенные для измерений, должны удовлетворять требованиям пожарной безопасности по ГОСТ I2.I.004-85 и требованиям санитарных норм СН 245-7I, утвержденных Госстроем СССР. Средства измерений должны удовлетворять требованиям безопасности по ГОСТ 2226I-76.

6.3. К выполнению измерений может быть допущен технический персонал, имеющий допуск к работе в помещениях с соответствующим электрооборудованием, хорошо знающий инструкцию по эксплуатации используемых приборов, а также настоящие Методические указания.

6.4. К обработке результатов измерений должен быть допущен технический персонал со средним общим образованием.

6.5. Анализ результатов измерений должен проводить технический или инженерный персонал, специализирующийся в вопросах режимов работы электрических сетей.

7. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

7.I. При выполнении измерений показателей качества электроэнергии должны быть соблюдены условия, приведенные в табл.7.I.

Таблица 7.I

Наименование влияющей величины, предельные значения в нормальных и рабочих условиях	Значения влияющих величин при выполнении измерений			
	отклонения напряжения	размаха изменения напряжения	коэффициента искажения напряжения	коэффициента обратной и нулевой последовательностей напряжения
Температура окружающего воздуха, °С:				
в нормальных условиях	20±5	20±5	20±5	20±5
в рабочих условиях	5-40	5-40	5-40	5-40
Относительная влажность окружающего воздуха, %:				
в нормальных условиях	30-80	30-80	30-80	30-80
в рабочих условиях	90 при 30°С	90 при 30°С	90 при 30°С	90 при 30°С
Атмосферное давление, кПа (мм.рт.ст.):				
в нормальных условиях	84-I06 (630-800)	84-I06 (630-800)	84-I06 (630-800)	84-I06 (630-800)
в рабочих условиях	84-I06 (630-800)	84-I06 (630-800)	84-I06 (630-800)	84-I06 (630-800
Частота питающей сети, Гц:				
в нормальных условиях	50±0,5	50±0,5	50±0,5	50±0,5
в рабочих условиях	48,5-5I,0	48,5-5I,0	48,5-5I,0	48,5-5I,0
Напряжение питающей сети переменного тока, В:				
в нормальных условиях	220±4	220±4	220±4	220±4
в рабочих условиях	I76÷250	I76÷250	I76÷250	I76÷250
Коэффициент искажения синусоидальности напряжения исследуемой сети, %, не более:				
в нормальных условиях	5	5	-	5
в рабочих условиях	I5	I5	-	I5
Коэффициент обратной последовательности напряжения исследуемой сети, %, не более:				
в нормальных условиях	2	2	2	-
в рабочих условиях	4	4	4	-

8. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

8.I. Общие положения

8.I.I. При подготовке к выполнению измерений показателей качества электроэнергии должны быть проведены следующие работы:

определены предельные значения влияющих величин в контрольном пункте;

выбраны в контрольных пунктах измери-

тельные трансформаторы класса точности не ниже 0,5, проверена загруженность их вторичных цепей. При отсутствии в пунктах контроля трансформаторов напряжения или тока требуемого класса точности следует использовать лабораторные измерительные трансформаторы класса точности 0,1; 0,2 либо делители напряжения;

проверены сроки поверки приборов, возможности размещения приборов в пункте измерения и возможности организации контроля за их работой;

собраны схемы измерений;

выбраны диапазоны измерения приборов, соответствующие наибольшим возможным диапазонам изменения контролируемых ПКЭ в пункте контроля.

8.2. Подготовка к выполнению измерений отклонений напряжения

8.2.1. Для правильного выбора диапазона измерений отклонений напряжения следует располагать предварительной информацией об ожидаемом наибольшем диапазоне отклонений напряжения в контрольном пункте. При отсутствии такой информации следует установить наибольший диапазон измерения прибора с последующей его корректировкой по фактическому диапазону отклонений напряжения в контрольном пункте.

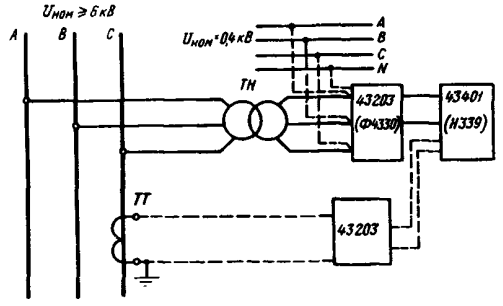


Рис.8.1. Схема измерения отклонения напряжения с помощью приборов 43203 и 4340I или Ф4330 и Н339 (4340I)

8.2.2. При измерении отклонений напряжения с помощью приборов 43203 и 4340I следует собрать схему, приведенную на рис.8.1. Выходной информацией являются: гистограмма отклонений напряжения $(\rho_{\delta U})$, математическое ожидание $m_{\delta U}$ и стандарт отклонения напряжения $\sigma_{\delta U}$ в контрольном пункте.

8.2.3. Измерение отклонений напряжения с помощью приборов Ф4330 и амперволтметра Н339 (или аналогичных амперволтметров) или приборов Ф4330 и 4340I (см.рис.8.1) следует, как правило, проводить в электрических сетях напряжением до 1000 В ввиду большой погрешности прибора Ф4330. Выходная информация от Ф4330 и Н339 - гистограмма δU , от Ф4330 и 4340I - $\rho_{\delta U}, m_{\delta U}, \sigma_{\delta U}$ Результаты измерений следует использовать для качественной оценки режима напряжения, а в некоторых случаях и для выбора мероприятий, улучшающих режим напряжения.

8.2.4. При измерении отклонений напряжения в электрической сети напряжением свыше 1000 В с помощью приборов Ф292 следует собрать схему, приведенную на рис.8.2. Типы резисторов и номинальные значения их сопротивлений:

$R1 = R4 = R7 =$ 427 Ом $\pm$0,05%,
тип С2-29В - 2 - 427 Ом $\pm$0,05% - 1,0 А;
$R2 = R5 = R8 =$ 1,18 кОм $\pm$0,05%,
тип С2-29В - 2 - 1,18 кОм $\pm$ 0,05% - 1,0 А;
$R3 = R6 = R9 =$ 1,21 кОм $\pm$ 0,05%,
тип С2-29В - 2 - 1,21 кОм $\pm$0,05% - 1,0 А.

Вместо указанных разрешается использование резисторов типов С2-10; С2-13; С2-14; С2-34; С5-5В; С5-25В и т.п. с допустимым отклонением сопротивления: $\pm$0,05; $\pm$0,1; $\pm$0,2; $\pm$ 0,25% и ТКС $\leq \pm 200 \cdot 10^{-6}$ 1/°К.

При измерении отклонений напряжения с помощью приборов Ф292 в электрической сети напряжением ниже 1000 В необходимо собрать схему, приведенную на рис.8.3. В схеме используются лабораторные трансформаторы напряжения УТН-1 с соотношением напряжений на первичной и вторичной обмотках $380/(100/\sqrt{3})$. Номинальное сопротивление резисторов $R1$; $R2$; $R3$ выбирается в диапазоне 430÷960 Ом. Номинальная мощность больше или равна 5 Вт. Значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора должно быть в пределах 46÷70 В. При использовании приборов Ф292 с пределом измерения 0-500 В следует собрать схему, обозначенную на рис.8.3 пунктиром. Выходная информация от Ф292 - массив цифровых данных об изменении от δU в течение периода измерений.

8.2.5. При измерении отклонений напряжения с помощью статического анализатора отклонений напряжения САКН-1 следует собрать схему, приведенную на рис.8.4. Штриховыми линиями показана схема измерения в

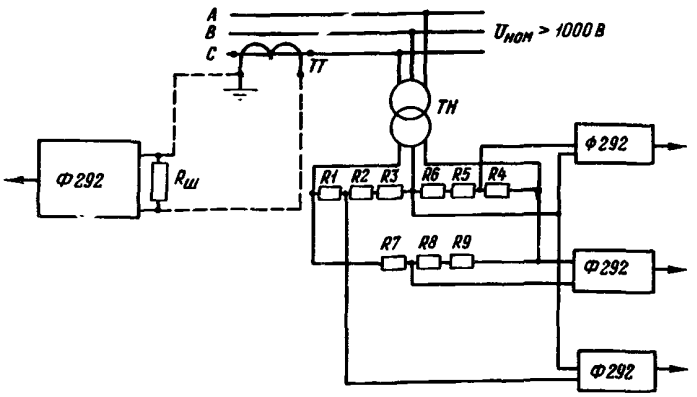


Рис.8.2. Схема измерения отклонений напряжения и коэффициента обратной последовательности напряжения в электрической сети напряжением выше 1000 В с помощью приборов Ф292

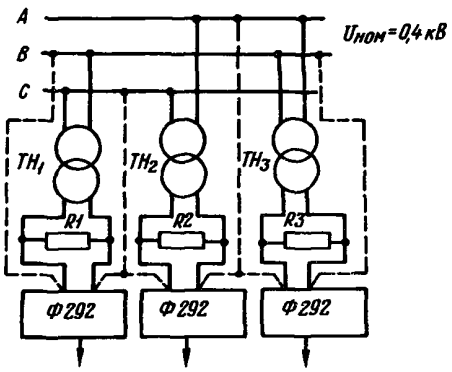


Рис.8.3. Схема измерения отклонений напряжения и коэффициента обратной последовательности напряжения в электрической сети напряжением ниже 1000 В с помощью приборов Ф292

электрической сети напряжением ниже 1000 В. Выходная информация от САКН-1 – $\rho_{\delta U}$. Измерения с помощью приборов САКН-1 следует проводить в трехфазных сетях, в которых коэффициент обратной последовательности не превышает 2%, а также в сетях однофазного тока.

8.2.6. При контроле правильности работы устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации с помощью двух приборов 43203 и 43401 и при определении параметров фактического закона регулирования на основании одновременных измерений значений отклонений напряжения и тока компенсации следует собрать схему, приведенную на рис.8.5.

Параметры фактического закона регулирования напряжения могут быть приближенно определены по измерениям с помощью САКН-1 (см.рис.8.5).

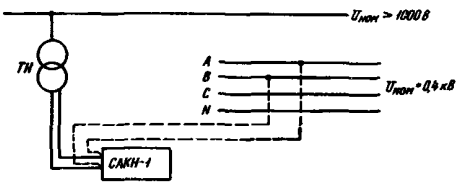


Рис.8.4. Схема измерения однофазного отклонения напряжения в электрической сети с помощью прибора САКН-1

8.2.7. При измерениях в целях анализа режима напряжения к прибору 43401 следует дополнительно подключить еще один прибор 43203, что необходимо для получения информации об относительном времени нахождения тока нагрузки по наиболее загруженной фазе в различных интервалах отклонений напряжения ρ ($\delta U, I$) по различным периодам суток. На рис.8.1 эта часть схемы показана пунктиром.

При измерениях в целях анализа режима напряжения с помощью Ф292 к измерительному трансформатору тока должен быть подключен еще один прибор Ф292. На рис.8.2 эта часть схемы показана пунктиром. Эта же информация может быть получена с помощью Ф4330 и Н339. Схема измерения представлена на рис.8.6.

Для получения информации об активной и реактивной мощностях, необходимой для анализа режима напряжения, следует собрать схему, приведенную на рис.8.7. Метрологические характеристики измерительных преоб-

разователей для этой схемы приведены в табл.5.4.

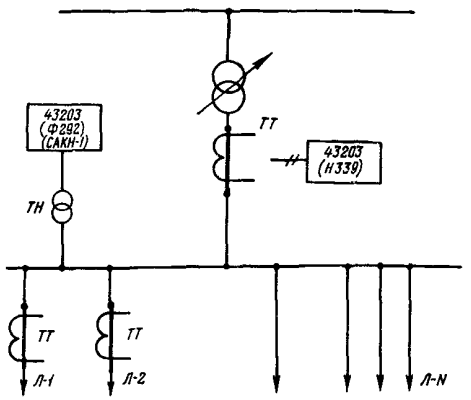


Рис.8.5. Схема контроля правильности работы устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации

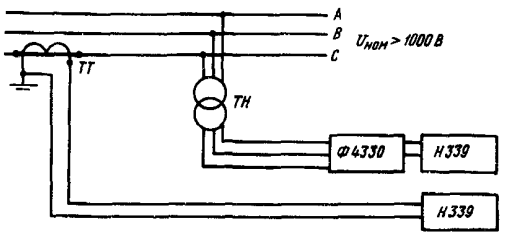


Рис.8.6. Схема анализа режима напряжения с помощью приборов Ф4330 и Н339

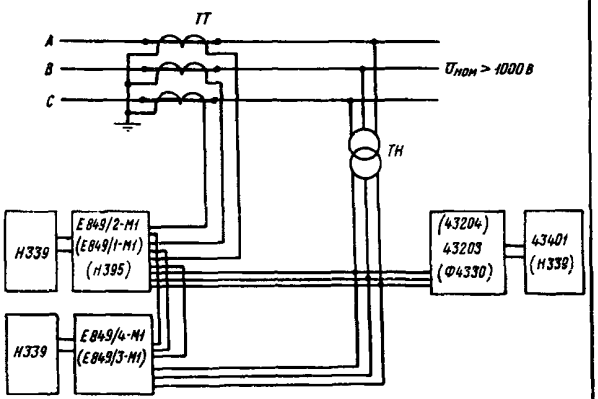


Рис.8.7. Схема измерения отклонений напряжения активной и реактивной мощностей

В качестве регистрирующего ваттметра может быть использован щитовой прибор Н395.

8.3. Подготовка к выполнению измерений размаха изменений напряжения

8.3.1. Для измерения размаха изменений напряжения в электрической сети напряжением свыше 1000 В следует собрать схему, приведенную на рис.8.8. Схема измерений в электрической сети напряжением ниже 1000 В показана пунктиром на рис.8.8. Параметры согласующих устройств СУ-1 (СУ-2) и данные по трансформаторам ТА1 – ТА2 приведены в приложении 4.

8.3.2. Для измерения размаха изменений напряжения в целях анализа следует собрать схему, приведенную на рис.8.9. Параметры СУ-3 приведены в приложении 4. В светолучевых осциллографах должны использоваться гальванометрические вставки М0І4-І200 и М0І4-300. Схема измерений пригодна для сетей, не имеющих в качестве нагрузки регулируемых тиристорных преобразователей.

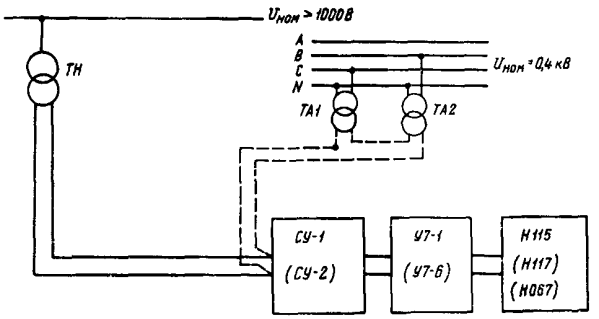


Рис.8.8. Схема измерения размаха изменения напряжения

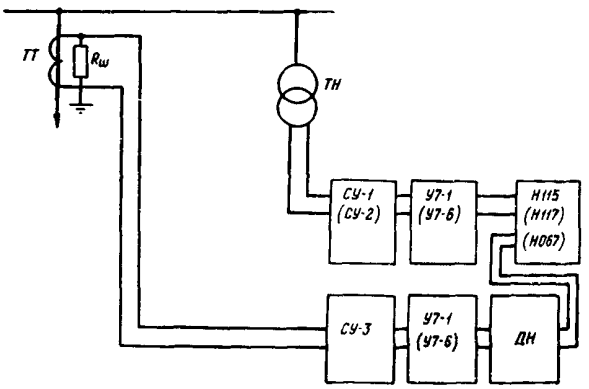


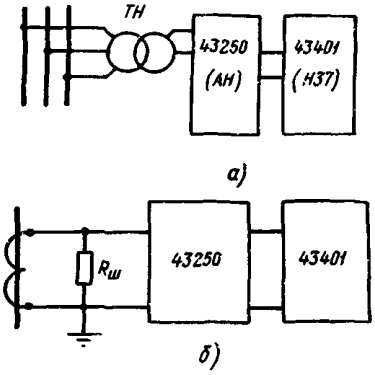
Рис.8.9. Схема измерения размахов изменения напряжения и тока

8.4. Подготовка к выполнению измерений коэффициента искажения синусоидальности и коэффициента n-й гармонической составляющей тока и напряжения

8.4.1. При измерении параметров несинусоидальности напряжения и тока, а также

фазовых углов сдвига между первой и высшими гармоническими составляющими напряжения (или тока) с помощью приборов 43250 и 4340I следует собрать схемы, приведенные на рис.8.I0 (*а* или *б*).

Примечание. Прибор 43250 пригоден для измерений в электрических сетях, не имеющих резкопеременной нагрузки.



а)

б)

Рис.8.I0. Схема измерения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения или тока, коэффициента гармонической составляющей напряжения (*а*) и тока (*б*) с помощью приборов 43250 и 4340I

8.4.2. При измерении коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока в электрической сети напряжением свыше I000 В с помощью измерителей нелинейных искажений С6-8 (С6-I2) следует собрать схему, приведенную на рис.8.II, в электрической сети ниже I000 В схему, приведенную на рис.8.I2.

Примечание. Для измерения коэффициентов искажения синусоидальности тока с помощью С6-8 (С6-I2) или 43250 сопротивление $R_ш$ должно быть равно 0,2÷0,5 Ом в зависимости от тока во вторичной обмотке ТТ. Соединения между трансформатором тока и шунтом следует выполнять проводом сечением не менее 2,5 мм.

Заземленный вывод анализатора должен быть подключен как можно ближе к точке заземления трансформатора тока. Подсоединение к измерительному прибору должно выполняться экранированным проводом.

8.4.3. При измерениях в электрической сети выше I000 В коэффициента *n* -й гармонической составляющей напряжения или тока с помощью С4-77 (СК4-83) следует собрать схему, приведенную на рис.8.I3. Типы используемых резисторов МЛТ, ОМЛТ, ВС со следующими номинальными значениями:

$R1_Σ$= 2,I кОм, $P_Σ$≥8 Вт ($R1_Σ$ состоит из четырех резисторов сопротивлением по 5I0 Ом мощностью P= 2 Вт);

$R2$= 56 Ом, P≥ I,0 Вт.

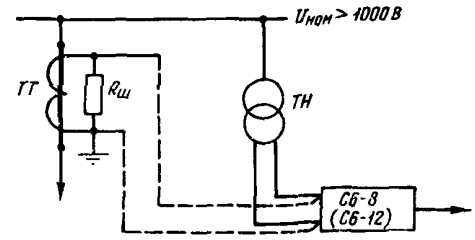


Рис.8.II. Схема измерения коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока в электрической сети напряжением выше I000 В с помощью прибора С6-8 (С6-I2)

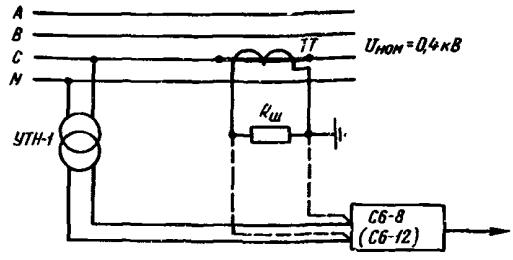


Рис.8.I2. Схема измерения коэффициента искажения синусоидальности напряжения или тока в электрической сети напряжением ниже I000 В с помощью прибора С6-8 (С6-I2)

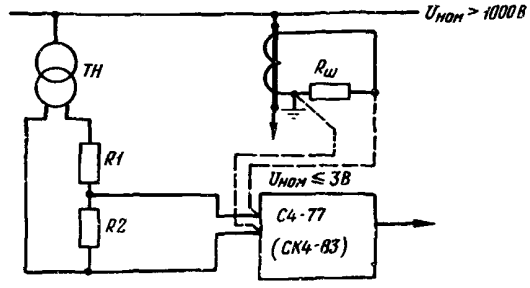


Рис.8.I3. Схема измерения коэффициента *n* -й гармонической составляющей напряжения или тока в электрической сети напряжением выше I000 В с помощью прибора С4-77 (СК4-83)

Схема измерения в электрической сети напряжением ниже I000 В представлена на рис.8.I4.

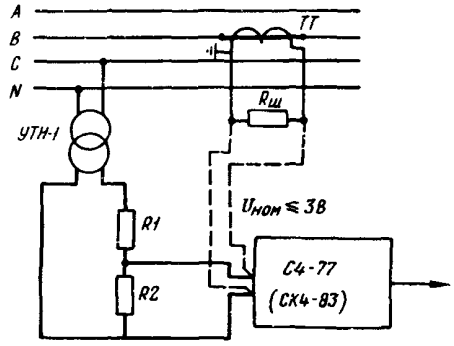


Рис.8.I4. Схема измерения коэффициента *n* -й гармонической составляющей напряжения или тока в электрической сети напряжением ниже I000 В с помощью прибора С4-77 (СК4-83)

Типы резисторов МЛТ, ОМЛТ, ВС со следующими номинальными значениями:

$R1_{\Sigma}$ = 1,0 кОм, $P_{\Sigma} \geq 4$ Вт ($R1_{\Sigma}$ состоит из двух резисторов сопротивлением по 510 Ом мощностью P = 2 Вт)

$R2$ = 51 Ом, P = 0,5 Вт.

8.4.4. При измерении коэффициента n-й гармонической составляющей тока с помощью С4-77 (СК4-83) следует собрать схемы, приведенные на рис.8.13 или 8.14, показанные пунктиром.

$R_{ш}$ = 0,2÷0,5 Ом в зависимости от тока во вторичной обмотке ТТ.

8.4.5. При измерении коэффициента искажения синусоидальности напряжения с помощью АН совместно с И-37 и Н37 следует собрать схему, приведенную на рис.8.15.

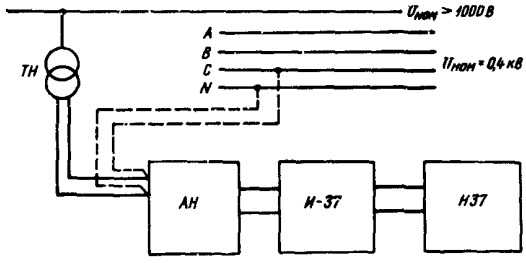


Рис.8.15. Схема измерения коэффициента искажения синусоидальности напряжения с с помощью приборов АН, И-37,Н37

8.4.6. При измерении параметров искажений синусоидальности в целях анализа необходимо измерить значения фазовых углов гармонических составляющих тока и напряжения, для чего следует собрать схему, приведенную на рис.8.10 (*а* или *б*).

8.5. Подготовка к выполнению измерений коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжений и токов, фазовых углов сдвига

8.5.1. При измерении модуля и фазового угла вектора напряжения обратной последовательности в электрической сети с помощью приборов 43204 и 4340I следует собрать схему, приведенную на рис.8.16. Для измерения модуля и фазового угла вектора напряжения нулевой последовательности с помощью 43204 и 4340I следует собрать схему, аналогичную показанной на рис.8.16 пунктиром.

8.5.2. Для измерения модуля и фазового угла вектора тока обратной последовательности с помощью 43204 и 4340I следует собрать схему, приведенную на рис.8.17.

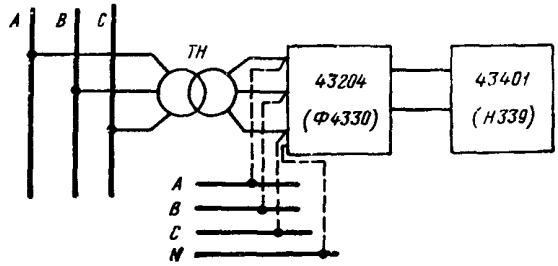


Рис.8.16. Схема измерения коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжения с помощью приборов 43204 и 4340I или Ф4330 и Н339 (4340I)

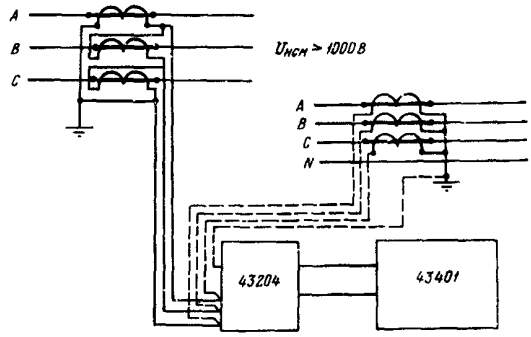


Рис.8.17. Схема измерения токов обратной последовательности в сети напряжением выше 1000 В и токов обратной и нулевой последовательностей в сети напряжением до 1000 В с помощью приборов 43204 и 4340I

Схема измерения модуля и фазового угла вектора тока нулевой последовательности на рис.8.17 показана пунктиром.

Примечание. Класс точности измерительных трансформаторов напряжения или тока должен быть не более 0,2. Приборы 43204 пригодны для измерений в электрических сетях, в которых отсутствует резкопеременная несимметричная нагрузка.

8.5.3. Измерение коэффициентов обратной последовательности напряжений с помощью приборов Ф4330 совместно с Н339 (или 4340I) следует производить, как правило, в электрических сетях напряжением до 1000 В ввиду большой погрешности прибора Ф4330. Для измерения следует собрать схему, приведенную на рис.8.16.

8.5.4. Для определения коэффициента обратной последовательности напряжения с помощью вольтметра Ф292 следует собрать схему, аналогичную приведенной на рис.8.2 и 8.3.

Для определения коэффициента нулевой последовательности напряжения с помощью прибора Ф292 следует собрать схему, приведенную на рис.8.18.

8.5.5. При измерении коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряже-

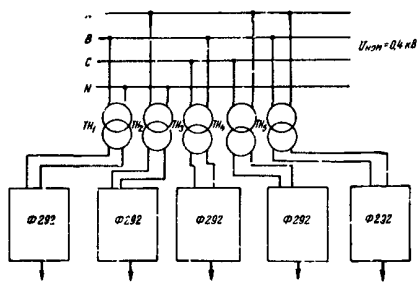


Рис.8.18. Схема измерения коэффициента нулевой последовательности напряжения в электрической сети напряжением до 1000 В с помощью приборов Ф292

ния с помощью прибора АНЕС-I следует собрать схему, приведенную на рис.8.19. В качестве регистрирующего прибора следует использовать самопишущий миллиамперметр Н37 с усилителем И-37.

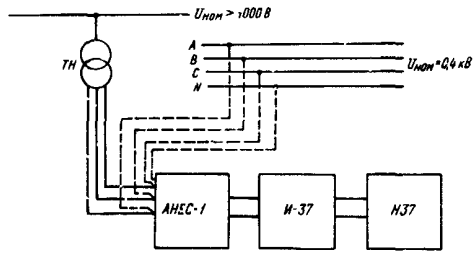


Рис.8.19. Схема измерения коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжения с помощью приборов АНЕС-I, И-37, Н37

8.6. Подготовка к выполнению измерений частоты

8.6.I. При измерении частоты с помощью прибора Ф246 следует собрать схему, приведенную на рис.8.20. На рисунке блок управле-

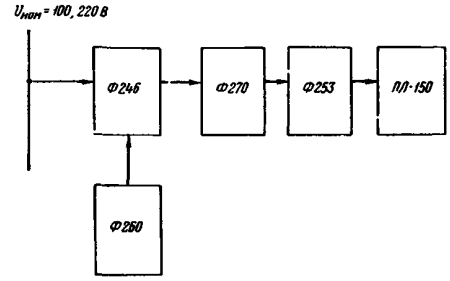


Рис.8.20. Схема измерения отклонения частоты

ния Ф253 формирует сигналы для управления электромагнитами ленточного перфоратора ПЛ-I50 в соответствии с кодом, поступающим от Ф246 через усилитель-согласователь Ф270. Выходной сигнал от Ф246 поступает на вход Ф270 при выдаче командного сигнала от устройства сигналов времени Ф260.

9. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

9.I. Общие положения

9.I.I. При измерении с помощью комплекта приборов 43203, 43204, 43250 совместно с 4340I результаты измерений будут достоверными в случае работы приборов 43203, 43204, 43250 только в заранее выбранном диапазоне измерений. В случае переключения диапазонов измерений приборов достоверной следует считать информацию, которая получена с начала временного интервала измерения до момента переключения диапазона измерения прибора. При этом невозможно получить истинное значение показаний прибора за сутки и более,

начиная с момента переключения диапазона измерения прибора.

9.2. Выполнение измерений отклонений напряжения

9.2.I. При измерении отклонений напряжения с помощью приборов 43203 и 4340I должны быть выполнены следующие операции:

а) установить, если это возможно, диапазон измерений прибора 43203, перекрывающий возможный диапазон отклонений напряжения в контрольном пункте в течение всего периода измерений. В противном случае следует установить диапазон измерения, перекрывающий возможный диапазон отклонений напряжения в течение части суточного времени измерения;

б) установить на приборе 4340I два подинтервала времени, продолжительность которых соответствует длительности режимов наибольших и наименьших нагрузок центра питания. В сумме продолжительности двух подинтервалов должны составлять 24 ч. Шаг дискретизации установить равным 30 с;

в) включить приборы на измерение в соответствии с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации;

г) произвести запись результатов измерений в конце каждого временного интервала, в конце суток и за весь период измерения по форме, приведенной в приложении 5.

При переключении диапазона измерений прибора 43203 регистрируют предварительно накопленную измерительную информацию.

9.2.2. При выполнении измерений отклонений напряжения с помощью Ф4330 совместно с Н339 должны быть выполнены следующие операции:

а) установить предел измерения прибора Ф4330 в соответствии с требованиями, изложенными в п.9.I;

б) установить предел измерения Н339, равный 5 В;

в) установить скорость движения диаграммной бумаги в приборе Н339, равной I800 мм/ч;

г) включить приборы на измерение в соответствии с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации;

д) на диаграммной бумаге отмечать время, соответствующее началу и концу интервалов наибольших и наименьших нагрузок центра питания;

е) произвести измерения в течение одного-двух характерных рабочих дней недели и одного выходного дня.

9.2.3. При выполнении измерений отклонений напряжения с помощью Ф4330 совместно с 4340I произвести операции, указанные в п. 9.2.I, *б - г*.

9.2.4. При измерении с помощью приборов Ф292 должны быть выполнены следующие операции:

а) установить пределы измерения Ф292 равные: I00 В – при измерении напряжения; I0 *В* – при измерении тока;

б) включить приборы на измерение в соответствии с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации;

в) произвести запись результатов измерения регистрирующими устройствами.

9.2.5. При измерении с помощью САКН-I должны быть выполнены следующие операции:

а) установить ширину и сдвиг диапазона измерений прибора в соответствии с п.9.I;

б) установить дискретность измерений равной I мин при общей продолжительности измерений одна неделя и 30 с – при продолжительности измерений три дня;

в) включить прибор на измерение в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации;

г) произвести запись результатов измерений (показаний счетчиков) до начала измерений и после каждого подинтервала времени, соответствующего периодам наибольших и наименьших нагрузок центра питания по форме, приведенной в приложении 5.

9.2.6. При контроле правильности работы устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации с помощью приборов 43203 и 4340I должны быть выполнены следующие операции:

а) установить предел измерения прибора 43203 по отклонению напряжения в соответствии с требованиями п.9.2.I, *а* и п.9.I;

б) установить предел измерения прибора 43203 по силе тока в соответствии с ожидаемыми пределами изменения тока;

в) установить шаг дискретизации на приборе 4340I, равный 30 с;

г) подключить аналоговые выходы приборов 43203 к разъемам 3-го и 4-го каналов прибора 4340I;

д) включить приборы на измерение в соответствии с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации;

е) измерения производить в течение суток и более с тем, чтобы в результаты измерений вошли значения тока компенсации, соответствующие принятым при определении уставок регулятора;

ж) произвести запись двумерной гистограммы за весь период измерения. С учетом замечаний, изложенных в п.9.2.I,*г* и п.9.I, разрешается произвести запись двумерной гистограммы только в интервалах значения тока компенсации, соответствующих принятым при определении уставок регулятора и смежных с ним интервалов.

9.2.7. При контроле правильности работы устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации с помощью приборов 43203 совместно с Н339 должны быть выполнены следующие операции:

а) установить пределы измерения отклонений напряжения так, как указано в п.9.2.I,*д*;

б) включить приборы на измерение в соответствии с техническим описанием, инструкцией по эксплуатации;

в) установить продолжительность измерений тока так, как это указано в п.9.2.6,*е*. Разрешается сократить продолжительность измерений, производя их только в интервалах суток, соответствующих наибольшим и наименьшим нагрузкам, принятым при определении уставок регулятора;

г) произвести запись результатов измерений отклонений напряжения и тока с дискретностью 5–I5 мин в течение периода измерений. Если к выходу приборов 43203 присоединены регистрирующие приборы, то регистограммы подлежат обработке.

9.2.8. При контроле правильности работы устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации с помощью приборов Н339 и САКН-I должны быть выполнены операции, соответствующие указанным в п.9.2.5.

9.3. Выполнение измерений размаха изменений напряжения

9.3.I. При измерении размаха изменений напряжения с помощью приборов НII5, НII7 должны быть выполнены следующие операции:

а) установить максимальный предел измерения (3 или 6%) (при необходимости I0%) сначала грубо ступенями по I,5–3%, затем точно с помощью ступенчатой регулировки по 0,5% для СУ-I или СУ-2 в соответствии с ожидаемыми максимальными размахами изменений напряжения;

б) установить градуировочное отклонение гальванометрических вставок М0I4-I200, равное 70 мм, с помощью регулятора в усилителе У7-I (У7-6);

в) произвести предварительный анализ значений и продолжительности существования "постоянной" составляющей напряжения сети по неравенству положительной и отрицательной полуволн синусоиды. При неравенстве амплитуд положительной и отрицательной полуволн синусоиды следует произвести выделение основной гармонической составляющей путем установки фильтра нижних частот (ФНЧ) с частотой среза 70–80 Гц;

г) при равенстве амплитудных значений напряжения по положительной и отрицательной полуволнам произвести градуировку схемы измерения с помощью переключателя "градуировка", входящего в состав СУ-I (СУ-2) ступенями $\simeq 0{,}5\%$ в диапазоне 0÷3% или 0÷6%. Градуировку произвести несколько раз с записью на фотобумаге. Сравнить записи градуировок. Градуировка считается произведенной удовлетворительно при различии результатов нескольких процессов градуировки, не превышающих 0,05% в диапазоне 0÷3% и 0,I% в диапазоне 0÷6%;

9.3.2. Включить приборы на измерение в соответствии с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации. Скорость движения фотобумаги установить 50 мм/с (I00 мм/с произвести измерения в период наибольших колебаний напряжения суточной нагрузки в течение I0 мин.

При записи на магнитограф продолжительность измерения может быть увеличена до 30 мин. Градуировку схемы и контроль диапазона измерений в этом случае производят с помощью вспомогательного электронно-лучевого осциллографа.

В процессе проведения измерений необходимо компенсировать "медленную" составляющую отклонений напряжения с помощью дискретной регулировки диапазона измерений ступенями по $\pm 0{,}5\%$.

9.3.3. Записанную на фотобумаге регистограмму следует обработать в соответствии с приложением 2 ГОСТ I3I09-87 и п.I0.2 настоящих Методических указаний.

Записанную на магнитную ленту регисто-

грамму обрабатывают по частям с помощью запоминающих осциллографов.

9.4. Выполнение измерений коэффициента искажения синусоидальности напряжения, действующих значений и фазовых углов сдвига гармонических составляющих тока и напряжения

9.4.1. При измерении коэффициента искажения синусоидальности напряжения и гармонических составляющих тока и напряжения с помощью приборов 43250 и 4340I должны быть выполнены следующие операции:

а) установить предел измерения, перекрывающий возможный диапазон изменения измеряемой величины в контрольном пункте;

б) установить шаг дискретизации измерений прибора 4340I равным 30 с;

в) произвести остальные операции с прибором 4340I в соответствии с п.9.2.1, *б - г*.

9.4.2. При измерении коэффициента искажения синусоидальности с помощью приборов С6-8 (С6-12) произвести следующие операции:

а) установить диапазон измерений приборов С6-8 (С6-12), перекрывающий диапазон изменения измеряемой величины;

б) установить шаг дискретизации опроса значений измеряемой величины равным 30 с.

Примечание. Если управление режимом измерений и запись результатов измерений осуществляются с помощью микроЭВМ, работающей в составе АСУ-ТП, то шаг дискретизации выбирается минимально возможным, однако не приводящим к ухудшению основных функциональных характеристик АСУ-ТП;

в) выбрать временные интервалы и произвести запись результатов измерений в соответствии с п.9.2.1, *б - г*.

9.4.3. При измерении гармонических составляющих тока или напряжения с помощью 43250, С4-77 (СК4-83) должны быть выполнены следующие операции:

а) произвести измерения отдельных гармонических составляющих в диапазоне от 100 до 2000 Гц в соответствии с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации на измерительные приборы, последовательно определяя уровни 2-40 гармонических составляющих. Практически рекомендуется учитывать лишь те составляющие, значения которых больше или равны значению абсолютной погрешности результата измерения для каждого из измерительных приборов;

б) произвести регистрацию амплитуды каждой гармонической составляющей в течение 30 с, повторяя измерение требуемого амплитудного спектра через каждые 0,5 ч в течение суток.

9.4.4. При измерении коэффициента искажения синусоидальности с помощью прибора АН и самопишущего миллиамперметра Н37 совместно с И-37 должны быть выполнены следующие операции:

а) установить предел измерения прибора АН, перекрывающий диапазон изменения коэффициента искажения синусоидальности в контрольном пункте;

б) установить предел усиления по току прибора И-37, соответствующий 5 мА;

в) установить скорость движения диаграммной ленты 60 мм/ч;

г) включить приборы на измерение в соответствии с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации указанных приборов, отмечая на диаграммной бумаге время, соответствующее началу и концу интервалов наибольших и наименьших нагрузок центра питания;

д) произвести измерения в течение одного, двух характерных рабочих дней недели и одного выходного дня.

9.4.5. При измерении фазовых углов гармонических составляющих с помощью приборов 43250 и 4340I должны быть выполнены следующие операции:

а) произвести запись фазовых углов каждой из гармонических составляющих тока или напряжения, уровни которых отвечают требованиям, изложенным в п.9.4.3, *а*, *б*.

б) установить шаг дискретизации 30 с.

9.5. Выполнение измерений коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжения, токов обратной и нулевой последовательностей и фазовых углов сдвига

9.5.1. При измерении коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжения, токов обратной и нулевой последовательностей и фазовых углов сдвига с помощью приборов 43204 и 4340I должны быть выполнены следующие операции:

а) установить предел измерения на приборе 43204, перекрывающий диапазон изменения измеряемой величины в контрольном пункте;

б) произвести операции измерения с помощью прибора 4340I так, как указано в п.9.2.I, *б - г*.

9.5.2. При выполнении измерений коэффициента обратной последовательности напряжения с помощью прибора Ф4330 и Н339 или Ф4330 и 4340I должны быть выполнены операции, аналогичные описанным в п.9.2.2 или 9.2.3.

9.5.3. При выполнении измерений коэффициентов обратной и нулевой последовательностей токов и напряжений с помощью приборов Ф292 должны быть выполнены операции, аналогичные описанным в п.9.2.4.

Примечание. При измерении токов обратной и нулевой последовательностей диапазон измерений приборов Ф292 установить равным 0÷I0 В.

9.5.4. При измерении коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжений с помощью прибора АНЕС-I и самопишущего миллиамперметра Н37 совместно с И-37 должны быть выполнены следующие операции:

а) установить диапазон измерения прибора АНЕС-I перекрывающим диапазон изменения измеряемой величины;

б) произвести операции с Н37 и И-37 в соответствии с п.9.4.4, *б - г*.

Продолжительность измерений - не менее I сут.

I0. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

I0.I. Обработка результатов измерений отклонений напряжения

I0.I.I. Построить гистограммы отклонений напряжения по результатам измерений с помощью приборов 43203 и 4340I после каждого установленного подинтервала времени каждых суток в течение всей продолжительности измерений.

При построении гистограмм интервал отклонений напряжения, соответствующий установленному на приборе 43203 диапазону измерений и установленному на приборе 4340I номеру интервала измерений, определяют из табл.I0.I.

Таблица I0.I

Диапазон измерения прибора 43203, %	Интервал отклонений напряжения, соответствующий							
	0	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
±I0	От I0 до 8,75	от 8,75 до 7,5	от 7,5 до 6,25	от 6,25 до 5,0	от 5,0 до 3,75	от 3,75 до 2,5	от 2,5 до I,25	от I,25 до 0
-20÷0	От 0 до -I,25	от -I,25 до -2,5	от -2,5 до -3,75	от -3,75 до -5,0	от -5,0 до -6,25	от -6,25 до -7,5	от -7,5 до -8,75	от -8,75 до -I0,0
0÷20	От 20 до I8,75	от I8,75 до I7,5	от I7,5 до I6,25	от I6,25 до I5,0	от I5,0 до I3,75	от I3,75 до I2,5	от I2,5 до II,25	от II,25 до I0,0

Диапазон измерения прибора 43203, %	номеру интервала измерения на приборе 4340I, %							
	8	*9*	*I0*	*I1*	*I2*	*I3*	*I4*	*I5*
±I0	От 0 до -I,25	от -I,25 до -2,5	от -2,5 до -3,75	от - 3,75 до -5,0	от -5,0 до -6,25	от -6,25 до -7,5	от -7,5 до -8,75	от -8,75 до -I0,0
-20÷0	От -I0 до -II,25	от -II,25 до -I2,5	от -I2,5 до -I3,75	от -I3,75 до -I5,0	от -I5,0 до -I6,25	от -I6,25 до -I7,5	от -I7,5 до -I8,75	от -I8,75 до -20
0÷20	От I0,0 до 8,75	от 8,75 до 7,5	от 7,5 до 6,25	от 6,25 до 5,0	от 5,0 до 3,75	от 3,75 до 2,5	от 2,5 до I,25	от I,25 до 0

По гистограммам отклонений напряжения следует рассчитать вероятность попадания отклонений напряжения вне допустимого диапазона отдельно для режимов наибольших и наименьших нагрузок центра питания и суммарную вероятность попадания вне допустимых диапазонов за сутки.

Пример

По результатам измерений отклонений напряжения, приведенным в табл.I0.2, построить гистограммы и рассчитать вероятность попадания вне допустимых диапазонов нормальных отклонений напряжения.

Допустимые диапазоны нормальных отклонений напряжения равны:

$\delta U_{в}^{I} = 5\%$; $\delta U_{н}^{I} = -3\%$; $\delta U_{в}^{II} = 5\%$; $\delta U_{н}^{II} = -4\%$.

Таблица I0.2

Дата измерения	Время начала и конца измерения; предел измерения на 43203	Показания прибора, соответствующие номеру								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
	8ч00мин-2Iч00мин; $\pm$I0%	0,8	9,7	6,5	57,9	20,2	5,0	0	0	0
	2Iч00мин-8ч00мин $\pm$I0%	0	0	0	0,4	4I,4	I7,7	I4,3	26,2	0

Дата измерения	Время начала и конца измерения; предел измерения на 43203	интервала измерения на приборе 4340I, %							$m^{*}_{\delta U}$%	$\sigma^{*}_{\delta U}$%
		9	I0	I1	I2	I3	I4	I5	%	%
	8ч00мин-2Iч00мин; $\pm$I0%	0	0	0	0	0	0	0	78,I	II,3
	2Iч00мин-8ч00мин; $\pm$I0%	0	0	0	0	0	0	0	64,I	I5,2

Решение

I. Определить $m_{\delta U}$ и $\sigma_{\delta U}$.

$m_{\delta U} = 0{,}2 \cdot m^{*}_{\delta U} - \delta U_{н.пред}$; $\sigma_{\delta U} = 0{,}I \cdot \sigma^{*}_{\delta U}$%,

где $m^{*}_{\delta U}, \sigma^{*}_{\delta U}$ – математическое ожидание и стандарт отклонения в относительных единицах, взятые из измерений (см.табл.I0.2);

$\delta U_{н.пред}$ – нижний предел диапазона измерения прибора.

Результаты расчетов по интервалам времени:

с 8ч00мин до 2Iч00мин $m_{\delta U} = 5{,}6I\%$, $\sigma_{\delta U} = I{,}I3\%$;

с 2Iч00мин до 8ч00мин $m_{\delta U} = 2{,}82\%$, $\sigma_{\delta U} = I{,}52\%$.

2. Определить вероятность попадания отклонений напряжения вне допустимого диапазона отдельно для режимов наибольших и наименьших нагрузок, и суммарную вероятность выхода δU за допустимые пределы за сутки.

Для режима наибольших нагрузок с 8ч00мин по 2Iч00мин вероятность попадания вне допустимого диапазона (-3;+5)% составляет 74,9% (рис.I0.I).

Для режима наименьших нагрузок с 2Iч00мин до 8ч00мин вероятность попадания вне допустимого диапазона (-4;+5)% составляет 0,4%.

Суммарная вероятность попадания вне допустимых диапазонов за сутки составляет:

$$p_{\delta U \Sigma_{вых}} = \frac{\Delta t_{\Sigma_{вых}}}{24} \cdot I00,$$

$$\Delta t_{\Sigma_{вых}} = \frac{74{,}9}{I00} \cdot I3 + \frac{0{,}4}{I00} \cdot II = 9{,}78I \text{ ч};$$

$$p_{\delta U \Sigma_{вых}} = \frac{9{,}78I}{24} \cdot I00 = 40{,}75\%.$$

I0.I.2. Если известно, что форма измеренной гистограммы близка к нормальному закону распределения, то допускается на основании данных о математическом ожидании отклонений напряжения $m_{\delta U}$ и стандарта

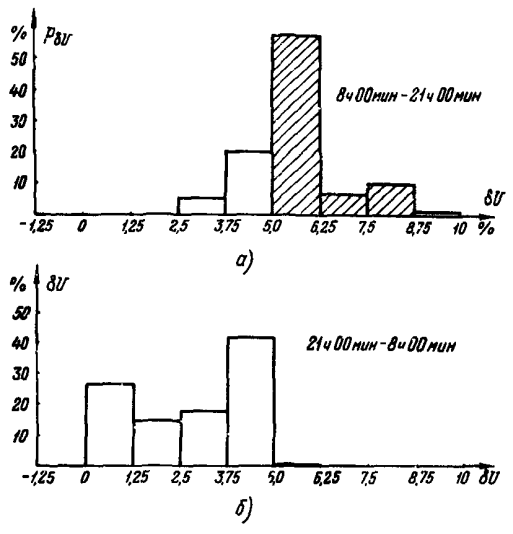


Рис.I0.I. Гистограммы отклонения напряжения в режимах наибольших и наименьших нагрузок центра питания:

а – с 8 ч 00 мин до 2I ч 00 мин;
б – с 2I ч 00 мин до 8 ч 00 мин

отклонений напряжения $\sigma_{\delta U}$ для интервалов времени, соответствующих рассматриваемым характерным режимам каждых суток измерений, рассчитывать диапазоны отклонений напряжения, соответствующие 95% вероятности попадания в них по формулам:

$$\delta U_{в}^{I(II)} = m_{\delta U}^{I(I)} + 2\sigma_{\delta U}^{I(II)};$$
$$\delta U_{н}^{I(II)} = m_{\delta U}^{I(I)} - 2\sigma_{\delta U}^{I(II)}, \qquad (I0.I)$$

где $\delta U_{в}^{I(II)}, \delta U_{н}^{I(II)}$ – верхний и нижний пределы диапазона отклонений напряжения, соответствующие 95% вероятности попадания в них в режимах наибольшей и наименьшей нагрузок центра питания, %.

Полученные значения $\delta U_{в}^{I(II)}$, $\delta U_{н}^{I(II)}$ для каждых суток измерения должны быть сопоставлены с соответствующими значениями нормальных отклонений напряжений (см.разд.I).

Пример. По данным предыдущего примера (см.табл.I0.2) для характерных режимов суточной нагрузки определить верхний и нижний пределы диапазонов отклонений напряжения, соответствующие вероятности попадания в них 95%.

Для режима наибольших нагрузок

$\delta U_{в}^{I} = 5,6 + 2 \cdot I,I = 7,8\%$; $\delta U_{н}^{I} = 5,6 - 2 \cdot I,I = 3,4\%$

требования не выполняются.

Для режима наименьших нагрузок использовать формулы п.I0.I.2 не следует, так как закон распределения (см.рис.I0.I,*б*) явно отличен от нормального.

I0.I.3. Проверку выполнения требований к отклонениям напряжения в контрольном пункте допускается проводить на основе анализа круглосуточных гистограмм или определения верхнего и нижнего пределов диапазона отклонений напряжения, соответствующего 95% вероятности попадания в них за каждые сутки периода измерений (см.п.II.I.I).

I0.I.4. При обработке результатов измерений отклонений напряжения с помощью приборов Ф4330 и Н339 следует определить по снятой регистограмме время выхода Δt отклонений напряжения в контрольном пункте за предельно допустимые отдельно в период наибольших и наименьших нагрузок центра питания.

Для построения гистограмм отклонений напряжения, определения математического ожидания и стандарта отклонений напряжения обработку регистограммы следует выполнять в следующем порядке:

а) разделить запись за каждый час регистрации на равные интервалы шириной 3 мм;

б) подсчитать значения отклонений напряжения с помощью градуировочной рейки на границах каждого интервала и занести в таблицу (табл.I0.3). Полученные значения должны иметь два знака после запятой;

Таблица I0.3

Номер измерения	Отклонение напряжения, %	Номер измерения	Отклонение напряжения, %	Номер измерения	Отклонение напряжения, %	Номер измерения	Отклонение напряжения, %
I	-6,2I	36	-5,67	70	-3,45	I05	-2,I8
2	-5,93	37	-5,65	7I	-3,37	I06	-2,2I

в) выбрать число интервалов. Оно должно быть таким, чтобы в большинство интервалов попало более 4–5 измерений. Ширина интервала должна быть несколько больше, чем

$$\frac{\delta U_B - \delta U_H}{M}, \qquad (10.2)$$

где δU_B, δU_H – соответственно верхний и нижний пределы отклонений напряжения, измеренные в контрольном пункте в характерном режиме нагрузки центра питания, %;

M – число интервалов.

При правильном выборе ширины и числа интервалов должно выполняться условие

$$\Delta(\delta U) \leq \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{4}\right) \cdot \sigma_{\delta U}, \qquad (10.3)$$

где $\sigma_{\delta U}$ – стандарт отклонений напряжения, %.

В противном случае следует рассмотреть большее число интервалов группирования;

г) определить границы и середину интервалов, значения границ интервалов должны иметь на один значащий разряд больше, чем данные, приведенные в табл.10.3. Последняя значащая цифра – 5.

Третий знак после запятой в значениях границ интервалов указывается для удобства определения интервала для отклонения напряжения, совпадающих с округленными границами интервалов. При графическом представлении полученных данных и дальнейшем анализе следует не принимать во внимание третий знак после запятой и пользоваться округленными значениями границ интервалов;

д) подсчитать по табл.10.3 суммарное число попаданий отклонений напряжения в каждом интервале;

е) определить вероятность попадания отклонений напряжения в каждый интервал по формуле

$$p_i = \frac{n_i}{N} \qquad (10.4)$$

где n_i – число попаданий отклонений напряжения за период измерений в i-й интервал;

N – общее число измерений отклонений напряжения за период измерений.

Пример представления измерительной информации для построения гистограммы приведен в табл.10.4;

ж) построить на основании данных табл.10.4 (гр.2 и 5) гистограмму отклонений напряжения (рис.10.2);

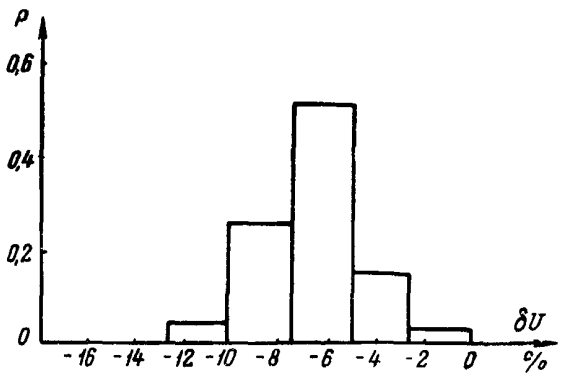


Рис.10.2. Гистограмма отклонения напряжения, построенная на основе регистрограммы

з) определить математическое ожидание и стандарт отклонений напряжения на основании данных табл.10.4 по формулам:

$$m_{\delta U} = \sum_{i=1}^{M} \delta \bar{U}_i p_i ;$$
$$\sigma_{\delta U} = \sqrt{\sum_{i=1}^{M} \delta \bar{U}_i^2 p_i - m_{\delta U}^2 - 0{,}083 \cdot [\Delta(\delta U)]^2}, \qquad (10.5)$$

где $\delta \bar{U}_i$ – значение середины i-го интервала, %;

$\Delta(\delta U)$ – ширина i-го интервала, %;

M – число интервалов.

При обработке результатов измерений на ЭВМ:

$$m_{\delta U} = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^{N} \delta U_K ;$$
$$\sigma_{\delta U} = \frac{\sqrt{\sum_{K=1}^{N} (\delta U_K - m_{\delta U})^2}}{N-1} . \qquad (10.6)$$

10.1.5. Обработка результатов измерений напряжений с помощью трех вольтметров Ф292 должна быть выполнена в следующем порядке:

а) занести результаты регистрации в табл. 10.5.

При заполнении табл.10.5 следует учитывать, чтобы показания трех приборов соответствовали одному и тому же моменту времени;

б) определить значение отклонения напряжения(%) для каждого измерения по формуле

$$\delta U = \frac{\sqrt{(U_+')^2 + (U_+'')^2 - U_{ном}}}{U_{ном}} \cdot 100, \qquad (10.7)$$

где

$$U_+' = \frac{U_{AB}}{2} + \frac{y}{\sqrt{3}} \; ;$$

$$U_+'' = \frac{U_{AB} - 2x}{2\sqrt{3}} \; ;$$

$$x = \frac{U_{AB}^2 - U_{CA}^2 + U_{BC}^2}{2 \cdot U_{AB}} \; ;$$

$$y = \sqrt{U_{BC}^2 - x^2} \; . \qquad (10.8)$$

Таблица 10.4

Номер интервала	Интервал отклонений напряжения, %	Значение середины интервала, %	Суммарное число попадания отклонения напряжения в интервал	Вероятность попадания отклонения напряжения в интервал	Интегральная вероятность попадания отклонения напряжения в интервал
1	2	3	4	5	6
1	-12,505 ÷ -10,005	-11,25	3	0,04	0,04
2	-10,005 ÷ -7,505	-8,75	20	0,28	0,32
3	-7,505 ÷ -5,005	-6,25	36	0,50	0,82
4	-5,005 ÷ -2,505	-3,75	11	0,15	0,96
5	-2,505 ÷ -0,005	-1,25	2	0,03	1,00

Таблица 10.5

Номер измерения	U_{BA}	U_{CB}	U_{AC}	δU	Номер измерения	U_{BA}	U_{CB}	U_{AC}	δU
1	100	102	105	3	26	95	92	93	-6,7
2	103	105	107	5	27	93	90	92	-8,3
3	.....	.....	.....	....	28	.....	.....	.....	.....

Таблица 10.6

Дата, время измерений		Показания счетчиков							
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
24.I, 10 ч 00 мин	Рабочие дни	4385	6187	2310	1040	4320	9960	3192	8314
28.I, 10 ч 00 мин		4385	6187	3058	2307	6625	1400	3192	8314
28.I, 16 ч 00 мин	Выходные дни	4385	6187	3058	2441	6995	2677	4166	8919
31.I, 10 ч 00 мин									

При ручной обработке результатов измерений допускается определять отклонение напряжения (%) по формуле

$$\delta U = \left(\frac{U_{AB} + U_{CA} + U_{BC}}{3 \cdot U_{ном}} - 1 \right) \cdot 100 \; ; \qquad (10.9)$$

в) выполнить построение гистограмм, определить математическое ожидание и стандарт отклонений напряжения так, как это указано в п.I0.I.4.

I0.I.6. Обработку результатов измерений отклонений напряжения с помощью САКН-I следует выполнять в следующем порядке:

а) определить число попаданий отклонений напряжения в каждый из восьми интервалов как разность показаний счетчиков до и после выполнения измерений. Максимальное показание четырехразрядного счетчика - 9999, после чего происходит автоматический сброс до 0000. Например, начальное положение счетчика № 6 (табл.I0.6) на 24.I - 9960, а конечное - на 28.I - I400, фактическое же показание на 28.I - II400. Таким образом, n_6 = II400 - 9960 = I440;

б) определить общее число попаданий отклонений напряжения N в интервалы за время измерений

$$N = \Sigma n_i \qquad (I0.I0)$$

и вероятность попадания отклонений напряжения в каждый интервал

$$p_i = \frac{n_i}{N}, \qquad (I0.II)$$

где i - номер интервала;

n_i - число срабатываний счетчика в i-м интервале;

в) определить в зависимости от принятых при измерении уставочных значений ширины интервала $\Delta(\delta U)$ и сдвига шкалы Δd в соответствии с инструкцией по эксплуатации САКН-I;

г) представить результаты обработки в табличной форме (табл.I0.7). При этом для первого интервала указываются значения левой (числитель) и правой (знаменатель) границ, а для остальных интервалов можно указать значения правых границ.

Таблица I0.7

Номер счетчика	Интервал отклонений напряжения, %	Условный номер интервала	Суммарное число попаданий в интервал суток		Вероятность попаданий в интервал суток	
			рабочих	выходных	рабочих	выходных
I	$\frac{-5}{-3,8}$	-3	0	0	0	
2	-2,5	-2	0	0	0	
3	-I,3	-I	748	0	0,I3	
4	0	0	I267	I34	0,22	0,04
5	I,3	I	2305	370	0,4	0,II
6	2,5	2	I440	I277	0,25	0,38
7	3,8	3	0	974	0	0,29
8	5	4	0	605	0	0,I8

Число измерений за рабочие сутки - 5760, число измерений за выходные сутки - 3360, суммарное число измерений - 9I20. Для примера на основании данных табл.I0.7 на рис.I0.3 построены гистограммы отклонений напряжения в контрольном пункте за рабочие и выходные сутки. Анализ результатов измерений рассмотрен в разд.II.

I0.I.7. Обработка результатов измерений отклонений напряжения и тока с помощью приборов 43203 и Н339 при контроле правильности работы устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации должна быть выполнена в следующем порядке:

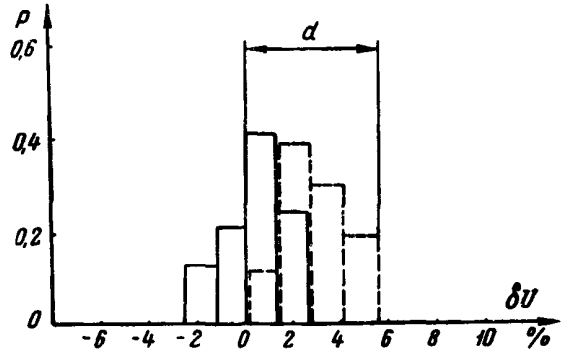


Рис.I0.3. Гистограммы отклонения напряжения, соответствующие рабочим (сплошная линия) и выходным (пунктирная линия) дням

а) построить график, соответствующий установленному закону регулирования напряжения, т.е. график, соответствующий принятым уставкам регулятора по напряжению δU_0 и току I (рис.I0.4). Отметить зону нечувствительности регулирующего устройства;

б) нанести на график результаты одновременных измерений отклонений напряжения и тока.

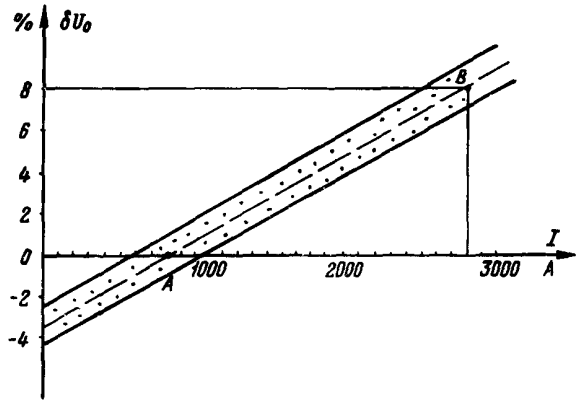


Рис.I0.4. График регулирования напряжения в центре питания

I0.I.8. Обработка результатов измерений отклонений напряжения с помощью САКН-I при контроле правильности работы устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации выполняется так же, как указано в п.I0.I.6.

I0.2. Обработка результатов измерений размаха изменений напряжения

I0.2.I. Обработка результатов измерений размаха изменений напряжения по осциллограммам с помощью приборов НПI5 или НПI7 должна быть выполнена в следующем порядке:

а) провести на осциллограмме огибающую амплитудных значений напряжений;

б) выделить начало и конец каждого из зафиксированных изменений напряжения (рис.I0.5);

в) определить размахи изменений напряжения (%) по формуле

$$\delta U_t = \frac{U_{нб} - U_{нм}}{U_{ном}} \cdot 100 , \qquad (I0.I2)$$

где $U_{нб}$; $U_{нм}$ – наибольшее и наименьшее значения напряжений в течение одного изменения напряжения;

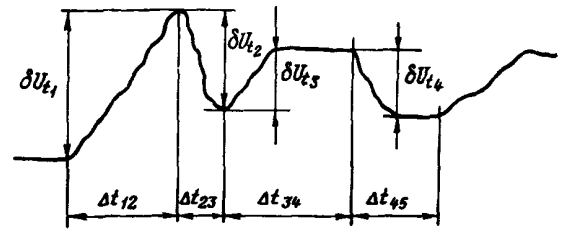


Рис.I0.5. Огибающая амплитудных значений напряжения, полученная на основе осциллограммы

г) выделить периоды, в течение которых разброс значений δU_t не превышает I5%. Тогда в пределах i -го периода времени

$$\overline{\delta U_{t_i}} = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} \delta U_{t_k}}{n_i} \% ,$$

где $\overline{\delta U_{t_i}}$ – средний размах изменений натяжений в i -м периоде времени;

δU_{t_k} – k -й размах изменений напряжения в i -м периоде времени;

n_i – число изменений напряжения в i -м периоде времени;

д) рассчитать размах изменения напряжения (%), приведенный к частоте I6,7 изменений в секунду, по формуле

$$\delta U_{пр} = \frac{\delta U_{t\,min}}{\delta U_{t\,\beta}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} \overline{\delta U_{t_i}}^{\,2} \cdot n_i}{N_\Sigma}} , \qquad (I0.I3)$$

где $\delta U_{t\,min}$ – допустимый размах по кривым ГОСТ I3I09-87 для частоты изменений I6,7, I/с;

$\delta U_{t\beta}$ – допустимый размах (%), определяемый в соответствии с ГОСТ I3I09-87 по кривой допустимых размахов изменений напряжения для частоты изменений $F = \frac{N_\Sigma}{T}$ Гц;

M – число выделенных периодов времени, в пределах которых найдены средние значения размахов;

N_Σ – суммарное число изменений с различными размахами за время измерений T.

I0.2.2. Обработка результатов измерений может быть также проведена в соответствии с ГОСТ I3I09-87 (см.приложение 2).

I0.3. Обработка результатов измерений коэффициента искажения синусоидальности напряжения, действующих значений и фазовых углов сдвига гармонических составляющих тока и напряжения

I0.3.I. Обработку результатов измерений в контрольном пункте коэффициента искажения синусоидальности напряжения с помощью приборов 43250 и 4340I следует выполнять способами, аналогичными описанным в п.I0.I.I, определяя математическое ожидание m_{KU} и среднеквадратическое отклонение σ_{KU} или вероятность выхода за допустимые пределы за период 24 ч. Обработку результатов измерений действующих значений и фазовых углов сдвига гармонических составляющих следует выполнять способом, аналогичным описанному в п.I0.I.I.

I0.3.2. Обработку результатов измерений гармонических составляющих напряжения с помощью приборов С4-77 и СК4-83 следует выполнять в следующем порядке:

а) рассчитать коэффициент искажения синусоидальности напряжения для каждого из измерений спектра по формуле

$$K_U = \sqrt{\sum_{n=2}^{N} K^2_{U(n)}}\ , \qquad (I0.I4)$$

где N – номер последней из учитываемых гармонических составляющих;

б) определить число значений K_U, выходящих за допустимые пределы (нормальный и максимальный) в контрольном пункте, и рассчитать вероятность выхода за допустимый предел нормального значения K_U по формуле

$$p = \frac{\sum n_i^{(0)}}{M}\ , \qquad (I0.I5)$$

где $n_i^{(0)}$ – число значений K_U, выходящих за допустимое нормальное значение в течение каждых суток за период измерения;

M – общее число измерений спектра;

в) построить графики изменения коэффициента искажений напряжения во времени, а также графики изменения гармонических составляющих, доминирующих в спектре. Как правило, в спектре доминируют 3, 5, 7, II и I3-я гармонические составляющие. Однако в некоторых случаях отмечаются гармонические составляющие более высоких порядков.

I0.3.3. Обработку результатов измерений коэффициента искажения синусоидальности напряжения с помощью прибора АН следует выполнять способом, аналогичным приведенному в п.I0.I.4, определяя продолжительность выхода $\Delta t_{вых}$ коэффициента искажения синусоидальности напряжения за сутки и за периоды времени, соответствующие наибольшим и наименьшим нагрузкам центра питания.

I0.4. Обработка результатов измерений коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжений

I0.4.I. Обработку результатов измерений в контрольном пункте коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжений с помощью прибора 43204 следует выполнять способами, аналогичными описанным в п.I0.I.2, определяя математическое ожидание m_{KU_2} и m_{KU_0} и среднеквадратические отклонения $\sigma_{K_{U_2}}$ и $\sigma_{K_{U_0}}$ или вероятность выхода за допустимые пределы за сутки.

I0.4.2. Обработку результатов измерений трех напряжений с помощью Ф292 следует выполнить в следующем порядке:

а) занести результаты измерений в табл.I0.8.

Таблица I0.8

Номер измерения	U_{AB}, В	U_{CB}, В	U_{AC}, В	U_A, В	U_B, В	K_{U_2}, %	φ_{U_2}, град.	K_{U_0}, %	φ_{U_0}, град.
I	400	395	380	230	220	3,I4	45	6	37,6
2	400	380	360	238	226	6,23	26	6,4	38

При обработке результатов измерений следует учесть, что показания трех или пяти приборов должны соответствовать одному и тому же моменту времени;

б) определить коэффициент обратной последовательности напряжений по формулам:

$$K_{U_2} = \frac{100}{U_{ном}} \cdot \sqrt{(U_2')^2 + (U_2'')^2}\ ;$$

$$\varphi_2 = arctg\ \frac{U_2''}{U_2'}\ ,\ если\ U_2' > 0\ ; \qquad (I0.I6)$$

$$\varphi_2 = \pi + arctg\ \frac{U_2''}{U_2'}\ ,\ если\ U_2' < 0\ ;$$

где $U_2' = \frac{U_{AB}}{2} - \frac{y}{\sqrt{3}}$; $U_2'' = \frac{2x - U_{AB}}{\sqrt{3}}$,

а значения x и y определяются по формулам (I0.8);

в) определить коэффициент нулевой последовательности напряжений по формулам:

$$K_{U_0} = \frac{100}{U_{ном}} \cdot \sqrt{(U_0')^2 + (U_0'')^2} ;$$

$$U_0' = \frac{U_{AB} + X}{3} - X_0 ; \quad U_0'' = \frac{y}{3} - y_0 ;$$

$$\varphi_0 = arctg \frac{U_0''}{U_0'} , \text{ если } U_0' > 0 ; \qquad (10.17)$$

$$\varphi_0 = \pi + arctg \frac{U_0''}{U_0'} , \text{ если } U_0' < 0 ,$$

где $X_0 = \frac{U_{AB}^2 - U_A^2 + U_B^2}{2 \cdot U_{AB}}$;

$y_0 = \sqrt{U_B^2 - X_0^2}$.

При ручной обработке результатов измерений допускается определять коэффициенты обратной и нулевой последовательностей напряжений (%) по формулам:

$$K_{U_2} \approx 62{,}0 \cdot \frac{U_{нб} - U_{нм}}{U_{ном}} ;$$

$$K_{U_0} \approx 62{,}0 \cdot \frac{U_{нбф} - U_{нмф}}{U_{ном}} , \qquad (10.18)$$

где $U_{нб}, (U_{нбф}), U_{нм}, (U_{нмф})$ – соответственно максимальное и минимальное значения из трех линейных (фазных) напряжений, В;

г) выполнить построение гистограмм и определить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение так, как указано в п.10.1.1.

10.4.3. Обработку результатов измерений в контрольном пункте коэффициентов обратной и нулевой последовательностей напряжения с помощью приборов АНЕС-I следует выполнить способом, аналогичным приведенному в п.10.1.4, определяя продолжительность выхода контролируемой величины за весь период, соответствующий продолжительности измерений для контроля этих показателей и за периоды времени, соответствующие наибольшим и наименьшим нагрузкам центра питания.

10.5. Обработка результатов измерения частоты

10.5.1. Обработка результатов измерения частоты должна выполняться на ЭВМ по следующей методике:

а) определить текущее отклонение частоты (Гц) в i -м измерении:

$$\Delta f_i = f_i - f_{ном} ;$$

б) разделить диапазон измерения на интервалы шириной 0,01 Гц и определить суммарное число попаданий отклонений частоты в каждый j -й интервал по формуле, аналогичной (10.4);

в) построить гистограмму отклонений частоты и определить значения отклонения частоты, соответствующие 0,95 интегральной вероятности, и максимальные значения отклонения частоты.

11. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

11.1. Результаты измерений показателей качества электроэнергии на границе раздела должны быть сопоставлены с пределами допустимых значений, установленными в договоре на пользование электрической энергией за каждые сутки отдельно в течение всей продолжительности измерений.

11.1.1. При измерении показателей качества электроэнергии с помощью таких приборов, как комплекты 43203 и 43401, 43204 и 43401, 43250 и 43401, позволяющих непосредственно получать статистические характеристики контролируемых показателей, контроль установленных в договоре на пользование электрической энергией пределов допустимых значений следует производить одним из следующих способов:

а) сопоставить суточные гистограммы данного показателя с пределами допустимых нормальных и максимальных значений. Если контролируемый показатель не выходит за допустимые максимальные значения, а интегральная вероятность выхода контролируемого показателя за предел (пределы) допустимых нормальных значений не превосходит 5% для каждых суток в течение всей продолжительности измерений, то требования договора соблюдаются;

б) сопоставить значения показателей качества электроэнергии, определяемые по выражению

$$П_{пред.} = m_{п} + 2\sigma_{п}, \qquad (II.1)$$

с пределом допустимых значений. Если $П_{пред} \leq П_{доп.норм}$ для каждых суток в течение всей продолжительности измерений и $П_{max} \leq П_{доп.max}$, то требования договора соблюдаются.

При контроле отклонений напряжения следует сопоставить с требованиями договора следующие предельные значения:

$$\delta U^{I(II)}_{пред.1} = m^{I(II)}_{\delta U} + 2\sigma^{I(II)}_{\delta U}; \qquad (II.2)$$

$$\delta U^{I(II)}_{пред.2} = m^{I(II)}_{\delta U} - 2\sigma^{I(II)}_{\delta U}. \qquad (II.3)$$

Если $\delta U^{I(II)}_{пред.1} \leq \delta U^{I(II)}_{в.доп.норм}$,

а $\delta U^{I(II)}_{пред.2} \geq \delta U^{I(II)}_{н.доп.норм}$

в каждом из сопоставляемых периодов контроля в течение всей продолжительности измерений, а $\delta U^{I(II)}_{max1} \leq \delta U^{I(II)}_{в.доп.max}$ и $\delta U^{I(II)}_{max2} \geq \delta U^{I(II)}_{н.доп.max}$,

то требования договора соблюдаются, где $\delta U^{I(II)}_{в.max}, \delta U^{I(II)}_{н.max}$ – верхний и нижний пределы максимальных отклонений напряжения в режимах наибольшей и наименьшей нагрузок, полученные по результатам контроля. Этот способ рекомендуется в тех случаях, когда форма гистограммы показателя близка к нормальному закону распределения.

Оценку выполнения договорных условий по отклонениям напряжения допускается проводить приближенно по результатам круглосуточных гистограмм, получаемых с помощью приборов САКН-I, отдельно за рабочие и нерабочие дни. При этом возможны три случая:

I. Математическое ожидание отклонений напряжения на рабочие дни $m^{(р)}_{\delta U}$ выше, чем за нерабочие $m^{(н.р)}_{\delta U}$, т.е. $m^{(р)}_{\delta U} > m^{(нр)}_{\delta U}$

Этот случай характерен для контрольных точек, располагающихся в непосредственной близости от центра питания, осуществляющего встречное регулирование напряжения.

Тогда значение отклонения напряжения, соответствующее крайней правой точке гистограммы за рабочие дни $\delta U^{(р)}_{в}$, должно быть сопоставлено с верхним допустимым пределом нормальных отклонений напряжения в режиме наибольших нагрузок $\delta U^{I}_{в\,доп}$.

Значение отклонения напряжения, соответствующее крайней левой точке гистограммы за нерабочие дни $\delta U^{(н.р)}_{н}$, должно быть сопоставлено с нижним допустимым пределом нормальных отклонений напряжения $\delta U^{II}_{н.доп}$

Если суммарная вероятность выхода за $\delta U^{I}_{в\,доп}$ и $\delta U^{II}_{н.доп}$ не превышает 5%, то предполагается, что договорные требования к нормальным значениям отклонений напряжения выполняются.

2. Гистограммы отклонений напряжения за рабочие и нерабочие дни находятся в узких пределах диапазонов $d^{р(нр)} = \delta U^{р(нр)}_{в} - \delta U^{р(нр)}_{н}$, где $\delta U^{р(нр)}_{в}$, $\delta U^{р(нр)}_{н}$ – крайние верхние и нижние значения отклонений напряжения по гистограммам;

эти диапазоны, а также математические ожидания за рабочие и нерабочие дни практически совпадают, т.е. $d^{(р)} \approx d^{(нр)}$ и $m^{(р)}_{\delta U} \approx m^{(нр)}_{\delta U}$.

Этот случай характерен для контрольных точек, располагающихся в середине линий, отходящих от центра питания.

Тогда, если суммарная вероятность выхода за $\delta U^{II}_{в.доп}$ и $\delta U^{I}_{н.доп}$ не превышает 5%, то предполагается, что договорные требования к нормальным значениям отклонений напряжения соблюдаются.

3. Математическое ожидание отклонений напряжения за рабочие дни $m^{(р)}_{\delta U}$ ниже, чем за нерабочие дни $m^{(нр)}_{\delta U}$, т.е. $m^{(р)}_{\delta U} < m^{(нр)}_{\delta U}$

Этот случай характерен для контрольных точек, удаленных от центра питания.

Тогда значение, соответствующее крайней правой точке гистограммы за нерабочие дни $\delta U^{(нр)}_{в}$, должно быть сопоставлено с верхним допустимым пределом нормальных отклонений напряжения в режиме наименьших нагрузок центра питания, т.е.

$\delta U^{(нр)}_{в}$ и $\delta U^{II}_{в.доп}$,

а значение отклонения напряжения, соответствующее крайней левой точке гистограммы за рабочие дни $\delta U^{(р)}_{н}$, с нижним допустимым пределом нормальных отклонений напряжения в режиме наибольших нагрузок центра питания $\delta U^{I}_{н.доп}$, т.е.

$\delta U^{(р)}_{н}$ и $\delta U^{I}_{н.доп}$

Если суммарная вероятность выхода отклонений напряжения за $\delta U^{II}_{в.доп}$ и $\delta U^{I}_{н\,доп}$ не превышает 5%, то предполагается, что договорные требования к нормальным значениям отклонений напряжения выполняются.

Для получения более точных результатов следует произвести измерения отдельно для режимов наибольших и наименьших нагрузок центра питания.

II.1.2. При измерении показателей качества электроэнергии с помощью таких приборов, как комплексы АН и НЗ7, АНЕС-I и НЗ7, позволяющих получить регистограмму контролируемого показателя, следует сопоставить время выхода показателя Δt за предел (пределы) допустимых нормальных значений с периодом (T), соответствующим 24 ч. Если отклонение $\Delta t/T$ *не превышает* 0,05 *в каждом из сопоставляемых периодов* в течение всей продолжительности измерений и контролируемый показатель не выходит за пределы допустимых максимальных значений, требования договора соблюдаются.

II.2. Если качество электроэнергии не соответствует требованиям, установленным в договоре, то результаты измерений должны быть проанализированы для выбора мероприятий по его улучшению.

II.3. Выбор мероприятий по улучшению режима напряжения на основе гистограммы отклонений напряжения, полученных отдельно за периоды наибольших и наименьших нагрузок центра питания, следует производить в следующем порядке:

а) рассчитать вероятности попаданий отклонений напряжения $(p^{I(II)})$ в контрольных пунктах в допустимые диапазоны $(\delta U^{I(II)}_{в.доп}, \delta U^{I(II)}_{н.доп})$;

б) определить по показаниям приборов или рассчитать по гистограммам математические ожидания и стандарты отклонений напряжения в центре питания и в контрольных пунктах - $m^{I(II)}_{\delta U\,цп}$, $\sigma^{I(II)}_{\delta U\,цп}$, $m^{I(II)}_{\delta U}$, $\sigma^{I(II)}_{\delta U}$;

в) сопоставить стандарт отклонений напряжения в контрольном пункте $\sigma_{\delta U}$ с шириной допустимого диапазона $d = \delta\bar{U}_{в.доп.нрм} - \delta U_{н.доп.нрм}$ и математическое ожидание $m_{\delta U}$ с серединой допустимого диапазона $\delta\bar{U}_{доп} = \frac{1}{2}(\nu_{в.доп.нрм} - |\delta U_{н.доп.нрм}|)$, где $|\delta U_{н.доп.нрм}|$ – абсолютное значение нижнего предела допустимых нормальных значений отклонений напряжения.

Если $\sigma^{I(II)}_{\delta U} \leq \frac{1}{4} d^{I(II)}$, а $m^{I(II)}_{\delta U} > \delta\bar{U}_{доп}$ или $m^{I(II)}_{\delta U} < \delta\bar{U}_{доп.нрм}$, то возможные мероприятия при этом: изменение рабочего ответвления трансформатора с ПБВ; изменение уставки по напряжению δU_0 регулятора центра питания; изменение мощности постоянно включенной конденсаторной батареи; включение (отключение) вольтодобавочного устройства.

Если вышеперечисленные мероприятия не обеспечивают увеличение $p^{I(II)}_{доп}$ до 95% или если $\sigma^{I(II)}_{\delta U} \leq \frac{1}{4} d^{I(II)}$, а

$m^{I}_{\delta U} > \delta U^{I}_{доп.нрм}$ $(m^{I}_{\delta U} < \delta U^{I}_{доп.нрм})$ и

$m^{II}_{\delta U} < \delta U^{II}_{доп.нрм}$ $(m^{II}_{\delta U} > \delta U^{II}_{доп.нрм})$,

или если $\sigma^{I(II)}_{\delta U} > \frac{1}{4} d^{I(II)}$, то, кроме мероприятий, можно использовать: изменение уставки по току K_I регулятора центра питания; включение и отключение регулируемой мощности конденсаторной батареи; усиление сетей потребителя; выделение потребителя на отдельные шины центра питания и осуществление для него специального регулирования напряжения; установку в контрольном пункте устройства с регулированием под нагрузкой и др.;

г) на основании анализа гистограмм в каждом контрольном пункте методами, изложенными в п.II.3, *в* , и сопоставления их с гистограммами в центре питания сформировать требования к изменению закона регулирования в центре питания и проанализировать их совместимость.

II.4. Формализованный выбор закона регулирования в центре питания на основе гистограмм отклонений напряжения в центре питания и в контрольном пункте в режимах наибольших и наименьших нагрузок следует проводить в следующем порядке:

а) определить математическое ожидание потерь напряжения $m_{\Delta U}$ от шин центра питания до i -го контрольного пункта в каждом из характерных периодов нагрузки центра питания

$$m^{I(II)}_{\Delta U_i} = m^{I(II)}_{\delta U\,цп} - m^{I(II)}_{\delta U_i}; \qquad (II.4)$$

б) определить требуемый для i -го контрольного пункта уровень напряжения на шинах центра питания

$$\delta U^{I(II)}_{цп\,i} = \delta\bar{U}^{I(II)}_{доп.нрм} + m^{I(II)}_{\Delta U_i}; \qquad (II.5)$$

в) определить оптимальные значения отклонений напряжения в центре питания $\delta U_{цп\,опт}$ отдельно для режимов наибольшей и наименьшей нагрузок центра питания, исходя из минимума функции

$$F^{I}_{\eta} = \sum_{i=1}^{N} P^{I}_{i} \cdot (\delta U^{I}_{цп\eta} - \delta U^{I}_{цп.i})^2, \qquad (II.6)$$

где P^{I}_{i} – средняя нагрузка i -го контрольного пункта в период наибольших нагрузок центра питания;

N – число контрольных пунктов в сети;

$\delta U^{I}_{цп\eta}$ – поочередно принимаемые значения $\delta U^{I}_{цп.i}$, требуемые каждым из N контрольных пунктов.

За верхний предел отклонений напряжения в центре питания $\delta U_{в.цп}$ принимается значение $\delta U^{I}_{цп.\eta}$, при котором F^{I}_{η} минимальна;

г) аналогично определить функцию F^{II}_{η} для режима наименьших нагрузок центра питания и $\delta U_{н.цп}$;

д) определить новые уставки регулирующего устройства в центре питания в соответствии с рекомендациями п.7 приложения 2.

II.5. Формализованный выбор закона регулирования в центре питания на основе гистограмм отклонений напряжения в центре питания и в контрольных пунктах, полученных за рабочие сутки недели и полную неделю, следует проводить в следующем порядке [2];

а) определить среднеквадратическое отклонение тока компенсации в центре питания по формуле

$$\sigma_I = \frac{I^{I} - I^{II}}{4}, \qquad (II.7)$$

где I^{I}, I^{II} – первичный ток (компенсации) соответственно в режимах наибольшей и наименьшей нагрузок центра питания сезонного периода, А;

б) определить фактические параметры закона регулирования в центре питания по формулам:

$$U_0 = m_{\delta U_{цп}} - K \cdot m_I ; \qquad (II.8)$$

$$K = \sqrt{\frac{\sigma^2_{цп} - \frac{\Delta U^2_{нч}}{76}}{\sigma^2_I}}, \qquad (II.9)$$

где $m_{\delta U_{цп}}, \sigma_{цп}$ – математическое ожидание и стандарт отклонений напряжений в центре питания, определяемые по недельной гистограмме отклонений напряжения, %;

m_I – математическое ожидание тока компенсации в центре питания, определяемое по регистограмме тока компенсации методами, изложенными в п.IO.I.4;

$\Delta U_{нч}$ – зона нечувствительности регулирующих устройств в центре питания, %;

в) определить весовые коэффициенты i-го контрольного пункта по формуле

$$a_i = \frac{\rho_i}{d^{I}_{i\,доп}}, \qquad (II.IO)$$

где ρ_i – нагрузка i-го узла;

$d_{i\,доп}$ – диапазон допустимых нормальных значений отклонений напряжений в i-м контрольном пункте для любого режима нагрузки центра питания, определяемый по формуле

$$d_{i\,доп} = \delta U_{в.доп.норм.i} - \delta U_{н.доп.норм.i}, \qquad (II.II)$$

$$\delta U_{в.доп.норм} = min(\delta U^{I}_{в.доп.норм.i}, \delta U^{II}_{в.доп.норм.i})_{\forall}$$

где

$$\delta U_{н.доп.норм} = max(\delta U^{I}_{н.доп.норм.i}, \delta U^{II}_{н.доп.норм.i});$$

г) определить коэффициенты корреляции между током компенсации в центре питания и отклонением напряжения в i-м контрольном пункте по формуле

$$r_i = \pm 1{,}5 \cdot (1 - K_з) \cdot \sigma_i , \qquad (II.I2)$$

где $K_з$ – коэффициент заполнения графика тока компенсации, определяемый по регистограмме;

σ_i – стандарт отклонений напряжения в i-м контрольном пункте, определяемый по недельной гистограмме.

Если по выражению (II.I2) получили $r_i > |\pm 1|$, принимаем $r_i = \pm 1$.

Знак коэффициента корреляции устанавливается по характеру изменения напряжения в контрольном пункте по отношению к изменению напряжения в центре питания. Характер изменений напряжения в контрольном пункте может быть определен следующими способами:

I. Сопоставление математических ожиданий отклонений напряжения в центре питания и в i-м контрольном пункте. Если при $m^{(P)}_{\delta U\,цп} > m^{(П)}_{\delta U\,цп}$ выполняется неравенство $m^{(P)}_{\delta U\,i} > m^{(П)}_{\delta U\,i}$, где индексами Р и П обозначены продолжительность измерений, соответствующая рабочим дням недели и полной недели, то характер изменений напряжения в i-м контрольном пункте – согласный и коэффициент корреляции – положительный.

Характер изменения напряжения в i-м

контрольном пункте противоположный (коэффициент корреляции отрицательный), если при $m^{(p)}_{\delta U_{ЦП}} > m^{(n)}_{\delta U_{ЦП}}$, выполняется неравенство $m^{(p)}_{\delta U_i} < m^{(n)}_{\delta U_i}$.

2. Сопоставление вероятности попаданий в крайние диапазоны гистограмм отклонений напряжения в центре питания и в i-м контрольном пункте. Если вероятности попадания в крайние диапазоны соответствующих гистограмм близки между собой, то характер изменений напряжения в i-м контрольном пункте согласный.

Если сопоставление по пп.I и 2 не дает полной уверенности в результате, то следует в этом контрольном пункте произвести измерения отдельно в режимах наибольших и наименьших нагрузок и сопоставить их с данными по центру питания;

д) определить поправку к уставке по току регулирующего устройства в центре питания:

$$\Delta K = \frac{\sum_{i}^{N} a_i r_i \sigma_{\delta U_i}}{\sigma_J \sum_{i=1}^{N} a_i}; \qquad (II.I3)$$

е) определить поправку к уставке по напряжению регулирующего устройства в центре питания:

$$\Delta(\delta U_0) = -\frac{\sum_{i=1}^{N} a_i (m_{\delta U_i} - \delta U_{доп.i})}{\sum_{i=1}^{N} a_i} - \Delta K m_I, \qquad (II.I4)$$

где $\delta U_{доп.i} = \frac{1}{2}(\delta U_{в.доп.i} + |\delta U_{н\ доп.i}|)$;

ж) определить параметры гистограммы в i-м контрольном пункте после коррекции закона регулирования в центре питания по формулам:

$$m^{(K)}_{\delta U_i} = m_{\delta U_i} + \Delta\delta U_0 + \Delta K m_I; \qquad (II.I5)$$

$$\sigma^{(K)}_{\delta U_i} = \sqrt{\sigma^2_{\delta U_i} + (\Delta K)^2 \sigma_I^2 + 2 r_i \Delta K \sigma_{\delta U_i} \sigma_J}, \qquad (II.I6)$$

где $m^{(K)}_{\delta U_i}$, $\sigma^{(K)}_{\delta U_i}$ – параметры недельной гистограммы в i-м контрольном пункте после коррекции закона регулирования в центре питания.

II.6. При контроле работы регулирующего устройства в центре питания следует сопоставить параметры фактического закона регулирования автоматического регулятора напряжения с расчетными уставками регулирующего устройства.

Если фактический график регулирования напряжения находится в пределах зоны нечувствительности – расчетного закона регулирования, то в этом случае фактический закон регулирования в центре питания соответствует установленному, в противном случае следует произвести наладку регулятора напряжения.

II.7. Выбор мероприятий по улучшению синусоидальности кривой напряжения следует производить на основании измерений коэффициента искажения синусоидальности напряжения, гармонических составляющих напряжения и тока, частотных характеристик сетей [3]

II.8. Выбор мероприятий по улучшению симметрии напряжений в трехфазной трехпроводной системе следует производить на основании измерений коэффициента обратной последовательности напряжения и токовых нагрузок фаз.

На основании информации о математических ожиданиях токов в фазах ($\bar{I}_A^{I(II)}$, $\bar{I}_B^{I(II)}$, $\bar{I}_C^{I(II)}$) в характерных режимах суточной нагрузки может быть принято решение о перераспределении нагрузок по фазам.

В тех случаях, когда математические ожидания нагрузок фаз различаются мало или перераспределением нагрузок фаз не достигается снижение коэффициента обратной последовательности напряжения до требуемого значения, или отсутствует возможность произвести перераспределение нагрузок по фазам, рекомендуется установка специальных симметрирующих устройств. Качественная оценка типа симметрирующего устройства (регулируемое или нерегулируемое) может быть сделана по информации о коэффициенте несимметрии и фазе φ_2 вектора U_2.

Так, если диапазон изменения φ_2 не превышает I0–I5%, а изменения K_{U_2} = 4%, то рекомендуется установка нерегулируемого симметрирующего устройства. Выбор параметров нерегулируемых симметрирующих устройств рассмотрен в [4,5].

Если диапазон изменения φ_2 меньше I0–I5%, а изменения более 4%, или диапазон изменения K_{U_2} более I5%, то целесообразна установка регулируемых симметрирующих устройств. Выбор параметров регулируемых симметрирующих устройств рассмотрен в [5,6].

II.9. Мероприятия по улучшению симметрии и уравновешенности напряжений в трехфазной четырехпроводной системе должны вы-

биратьcя на основании измерений коэффициентов напряжения обратной и нулевой последовательностей, токовых нагрузок фаз и нулевого провода. На основании информации о математических ожиданиях токов в фазах ($\bar{I}_A$, $\bar{I}_B$,$\bar{I}_C$) в характерных режимах суточной нагрузки по аналогии с рекомендациями п.II.8 может быть принято решение о перераспределении нагрузок по фазам.

В тех случаях, когда ток в нулевом проводе ($3I_0$) составляет [2] менее 20% среднего тока нагрузки фаз [1/3 ($\bar{I}_A+\bar{I}_B+\bar{I}_C$)] или перераспределением нагрузок фаз не достигается снижение коэффициента обратной последовательности напряжения до требуемых значений, или отсутствует возможность производства перераспределения нагрузок по фазам, рекомендуется уменьшить сопротивление нулевой последовательности сети или установить *специальные симметрирующие устройства* [4] .

I2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЯЗАННОСТЕЙ ПО КОНТРОЛЮ И АНАЛИЗУ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МЕЖДУ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПОЭЭ И ПЭС

I2.I. Распределение обязанностей по контролю и анализу качества электроэнергии между подразделениями ПОЭЭ и ПЭС устанавливается руководством ПОЭЭ и ПЭС.

I2.2. В проведении контроля качества электроэнергии, разработке мероприятий по его улучшению, оценке эффективности этих мероприятий, а также в осуществлении контроля за их внедрением, как правило, должны участвовать:

а) службы ПОЭЭ:

центральная диспетчерская служба (ЦДС);

служба энергетических режимов (СЭР);

служба сельской электрификации и распределительных сетей (СЭРС);

центральная служба релейной защиты, автоматики и измерений (ЦС РЗАИ);

центральная метрологическая служба (ЦМС);

б) службы ПЭС:

оперативно-диспетчерская служба (ОДС);

служба высоковольтных линий и подстанций (ВЛ);

служба распределительных сетей (СРС);

служба релейной защиты и электроавтоматики (РЗА);

в) подразделения РЭС:

оперативно-диспетчерская группа (ОДГ);

оперативно-выездная бригада (ОВБ);

г) предприятия Энергонадзора.

I2.3. Рекомендуется следующее распределение обязанностей:

I2.3.I. Центральная диспетчерская служба ПОЭЭ или СЭР ПОЭЭ осуществляет координацию всех работ по обеспечению требуемого качества электроэнергии в электрических сетях, в том числе и разработку местной инструкции по контролю и анализу качества электроэнергии, составление плана мероприятий по повышению качества электроэнергии и общий контроль за выполнением мероприятий, включенных в этот план.

I2.3.2. Предприятия Энергонадзора производят сбор информации от промышленных и приравненных к ним потребителей о требуемых значениях показателей качества электроэнергии на границе раздела за 3 мес до заключения ежегодного договора.

I2.3.3. Оперативно-диспетчерская служба ПЭС совместно с ОДГ РЭС осуществляют выбор характерных потребителей (планируемых пунктов контроля) в электрической сети центра питания для характерных периодов сезонной и суточной нагрузок следующего года, а также определяют необходимую продолжительность измерений.

I2.3.4. Предприятия Энергонадзора передают в ЦДС ПОЭЭ или СЭР ПОЭЭ или ОДС ПЭС по запросу этих служб данные о требованиях характерных потребителей к качеству электроэнергии на границе раздела.

I2.3.5. Оперативно-диспетчерская служба ПЭС производит выбор оптимальных законов регулирования в центрах питания и выбор ответвлений распределительных трансформаторов для характерных периодов сезонной нагрузки следующего года и передает предприятиям Энергонадзора расчетные значения отклонений напряжения на границах раздела с потребителями для оформления договоров на пользование электрической энергией.

I2.3.6. Предприятия Энергонадзора осуществляют определение допустимых значений показателей качества электроэнергии на границе раздела и заключают с потребителями договор.

I2.3.7. Оперативно-диспетчерская служба

ПЭС по согласованию ЦДС, СЭРС ПОЭЭ, службой высоковольтных линий и подстанций, СРС ПЭС и потребителями, выбранными в качестве характерных, составляет план-график проведения контрольных измерений показателей качества электроэнергии в электрических сетях.

I2.3.8. Служба релейной защиты и электроавтоматики ПОЭЭ и ПЭС и метрологическая служба ПОЭЭ осуществляют хранение средств измерения показателей качества электроэнергии, поддержание их в исправном состоянии, проведение периодической поверки и выдачу приборов на время измерений.

I2.3.9. Оперативно-диспетчерская служба ПЭС совместно с оперативным персоналом подстанций и дежурным на дому, персоналом ОДГ ПЭС, ОВБ РЭС и предприятий Энергонадзора, а также персоналом характерных потребителей организует проведение измерений показателей качества электроэнергии согласно плану-графику.

Предприятия Энергонадзора осуществляют контроль за выполнением плана-графика контрольных измерений.

I2.3.I0. Оперативно-диспетчерская служба ПЭС, ОДГ РЭС и предприятия Энергонадзора осуществляют обработку и анализ результатов измерений, проверку правильности выбора контрольных пунктов.

I2.3.II. Оперативно-диспетчерская служба ПЭС и предприятия Энергонадзора с привлечением при необходимости других подразделений ПОЭЭ, ПЭС и РЭС производят разработку мероприятий по улучшению качества электроэнергии, оценку их эффективности и включение мероприятий в соответствующий план.

I2.4. Выполнение мероприятий по пп.I2.3.2-I2.3.6 рекомендуется осуществлять ежегодно в сентябре-ноябре, по п.I2.3.7 - в январе текущего года, по п.I2.3.8 - в течение года. Выполнение мероприятий по пп.I2.3.9,I2.3.I0 осуществляется в зависимости от принятой периодичности контроля качества электроэнергии, т.е. два-четыре раза в год.

Приложение I

УДЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ 0,4 и 6-I0 кВ, ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ 6-I0/0,4 кВ И 35/6-I0 кВ

Удельные потери напряжения в кабельных и воздушных линиях даны в табл.III.I-III.3.

Таблица.III.I

Материал провода	Сечение провода, мм^2	Потери напряжения в трехфазных воздушных линиях напряжением 380/220 В,% /(кВт·км), при коэффициенте мощности			
		0,7	0,8	0,9	0,95
Алюминий	I6	I,52	I,44	I,38	I,34
	25	I,03	0,97	0,9I	0,87
	35	0,82	0,75	0,69	0,65
	50	0,64	0,56	0,5	0,47
	70	0,52	0,45	0,39	0,36
	95	0,43	0,38	0,32	0,28
	I20	0,38	0,34	0,28	0,24
Медь	I0	I,49	I,4I	I,34	I,29
	I6	I,04	0,97	0,9	0,86
	25	0,7I	0,64	0,59	0,55
	35	0,59	0,52	0,46	0,42
	50	0,49	0,4I	0,35	0,32
	70	0,4I	0,34	0,28	0,25

Примечание. Для двухфазных и однофазных линий приведенные в таблице данные должны умножаться на соответствующий поправочный коэффициент: 2,25 - для двухфазной линии; 6 - для однофазной.

Таблица III.2

Материал токопроводящей жилы	Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Потери напряжения в трехфазных кабельных линиях напряжением 380/220 В,%/(кВт·км), при коэффициенте мощности				
		0,7	0,6	0,9	0,95	I,0
Алюминий	I6	I,35	I,34	I,32	I,32	I,3
	25	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84
	35	0,65	0,64	0,63	0,62	0,6I
	50	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42
	70	0,34	0,33	0,32	0,3I	0,3
	95	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
	I20	0,22	0,2I	0,2	0,I9	0,I8
	I50	0,I8	0,I7	0,I6	0,I5	0,I4
	I85	0,I5	0,I4	0,I3	0,I2	0,II
	240	0,I3	0,I2	0,II	0,I	0,09
Медь	I6	0,84	0,84	0,83	0,82	0,8I
	25	0,54	0,53	0,52	0,5I	0,5
	35	0,4I	0,4	0,38	0,38	0,36
	50	0,3	0,29	0,28	0,28	0,26
	70	0,23	0,22	0,2I	0,2	0,I9
	95	0,I7	0,I6	0,I5	0,I5	0,I3
	I20	0,I5	0,I4	0,I3	0,I2	0,II
	I50	0,I2	0,II	0,I	0,09	0,08
	I85	0,II	0,I	0,09	0,08	0,07
	240	0,I	0,I	0,07	0,06	0,05

Таблица III.3

Материал провода или жилы кабеля	Сечение, мм^2	Потери напряжения в трехфазных кабельных и воздушных линиях напряжением 6-I0 кВ,%/(МВт·км)			
		Кабельная линия		Воздушная линия	
		6 кВ	I0 кВ	6 кВ	I0 кВ
Алюминий	25	-	-	-(3,66)	-(I,32)
	35	2,59	0,93	2,79(2,63)	I,0I(0,95)
	50	I,85	0,66	2,I(2,I)	0,75(0,75)
	70	I,35	0,49	I,62(I,62)	0,58(0,58)
	95	I,02	0,37	I,3I(I,28)	0,47(0,46)
	I20	0,83	0,3	I,I2(I,II)	0,40(0,4)
	I50	0,68	0,24	0,96(0,96)	0,35(0,35)
	I85	0,57	0,2I	-	-
	240	0,46	0,I6	-	-
Медь	25	2,I5	0,77	2,5	0,89
	35	I,59	0,57	I,95	0,68
	50	I,I4	0,4I	I,5I	0,54
	70	0,85	0,3I	I,2I	0,44
	95	0,65	0,23	I,03	0,37
	I20	0,53	0,I9	0,92	0,33
	I50	0,45	0,I6	-	-
	I85	0,38	0,I4	-	-
	240	0,3I	0,II	-	-

Примечания: I. Коэффициент мощности принят равным 0,9.-2. Для сталеалюминиевых проводов потери напряжения даны в скобках.

Потери напряжения в трансформаторах 6-I0/0,4 кВ и 35/6-I0 кВ определяются по графикам, приведенным на рис.III.I-III.22 (ΔU_T - потери напряжения в трансформаторе; $K_з$ - коэффициент загрузки трансформатора; $\Delta U_{ст}$ - ступень регулирования напряжения трансформатора).

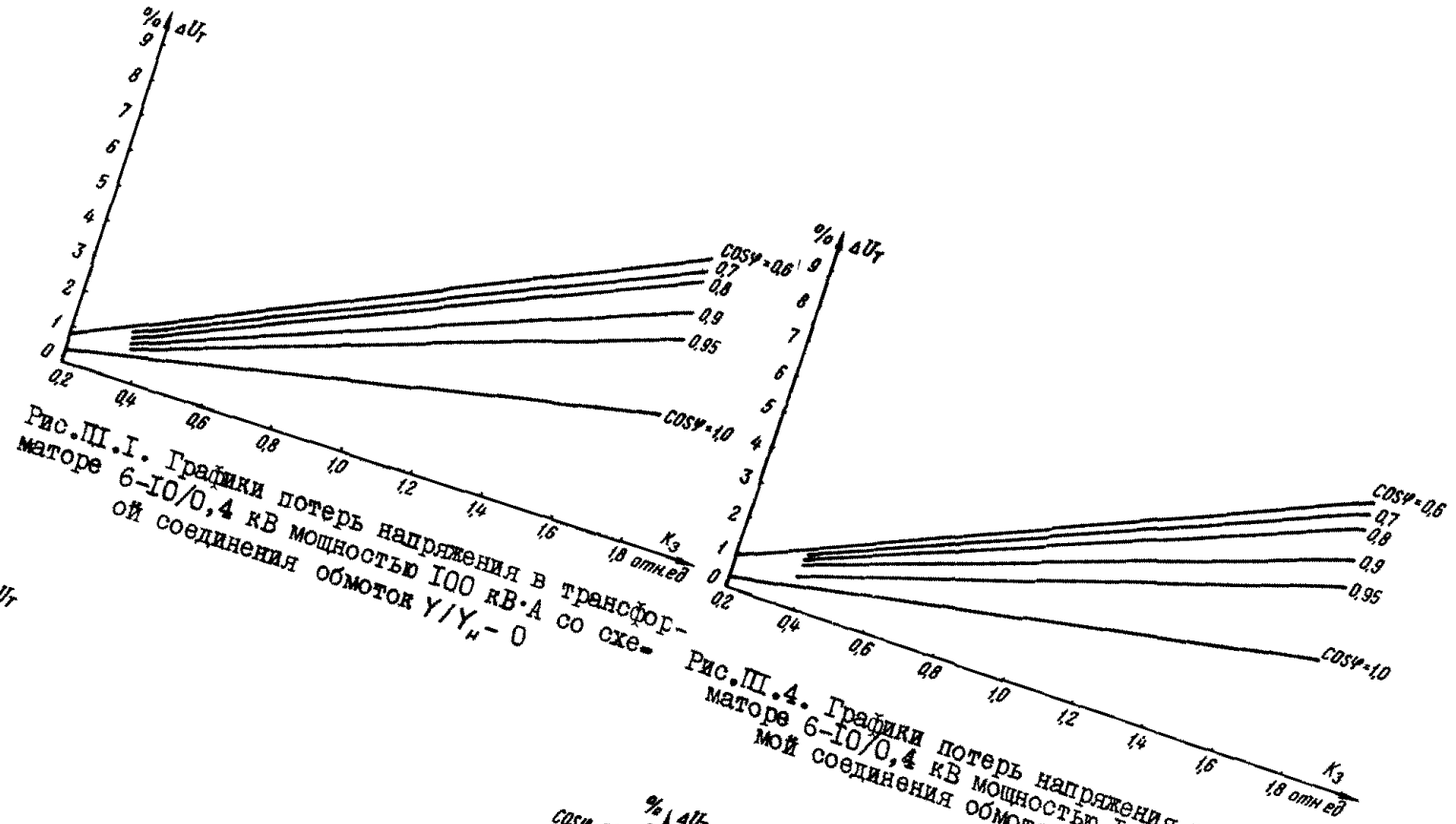


Рис.III.1. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-I0/0,4 кВ мощностью I00 кВ·А со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ - 0

Рис.III.4. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-I0/0,4 кВ мощностью I60 кВ·А со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ - 0

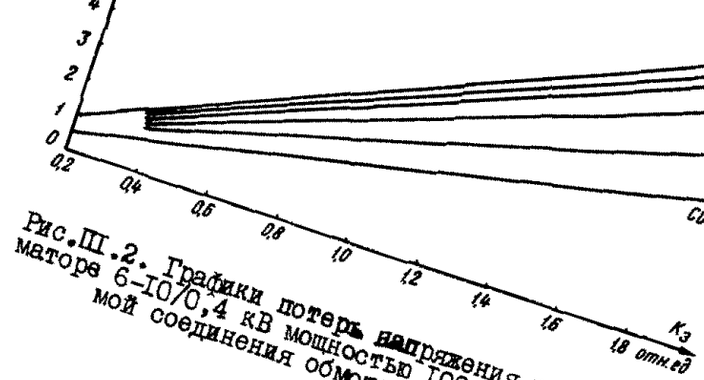


Рис.III.2. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-I0/0,4 кВ мощностью I00 кВ·А со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ - II

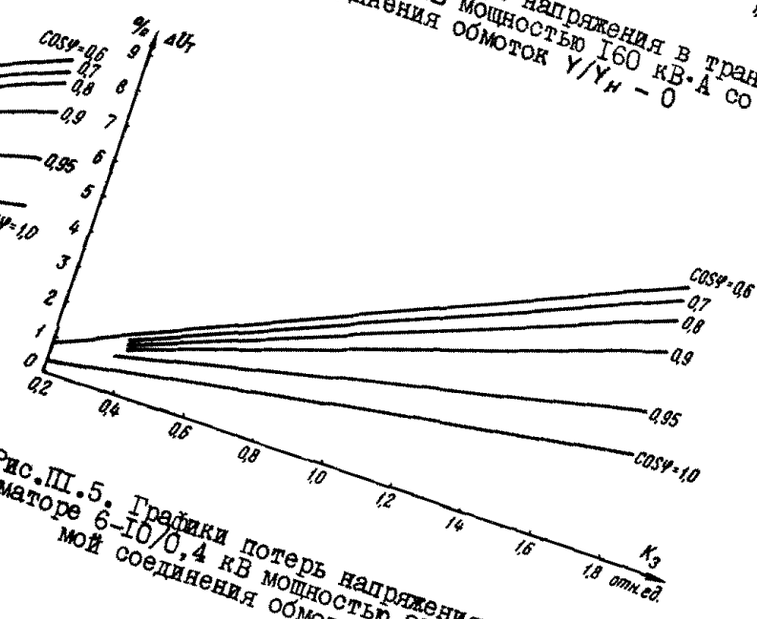


Рис.III.5. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-I0/0,4 кВ мощностью 250 кВ·А со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ - 0

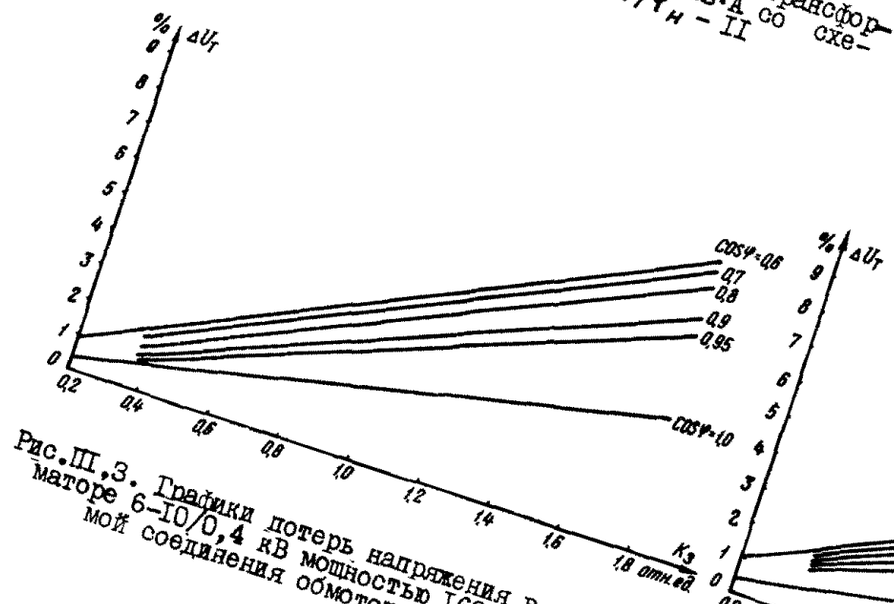


Рис.III.3. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-I0/0,4 кВ мощностью I60 кВ.А со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ - II

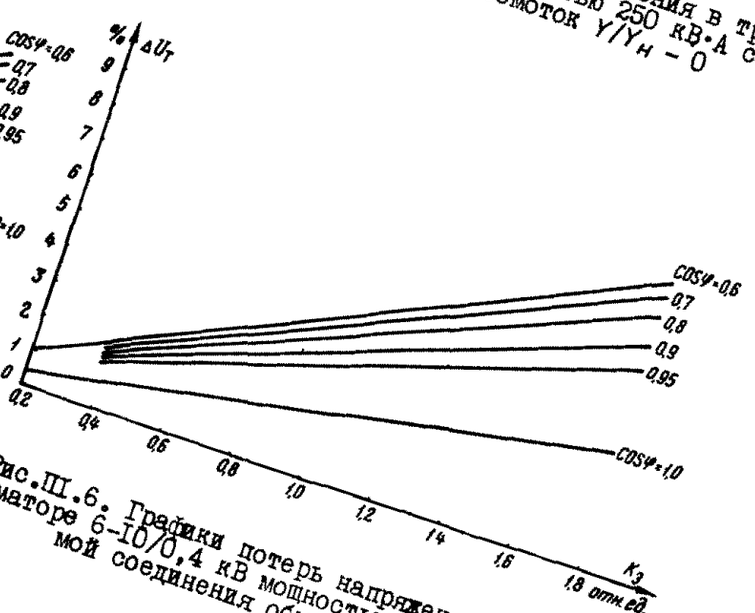


Рис.III.6. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-I0/0,4 кВ мощностью 250 кВ·А со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ - II

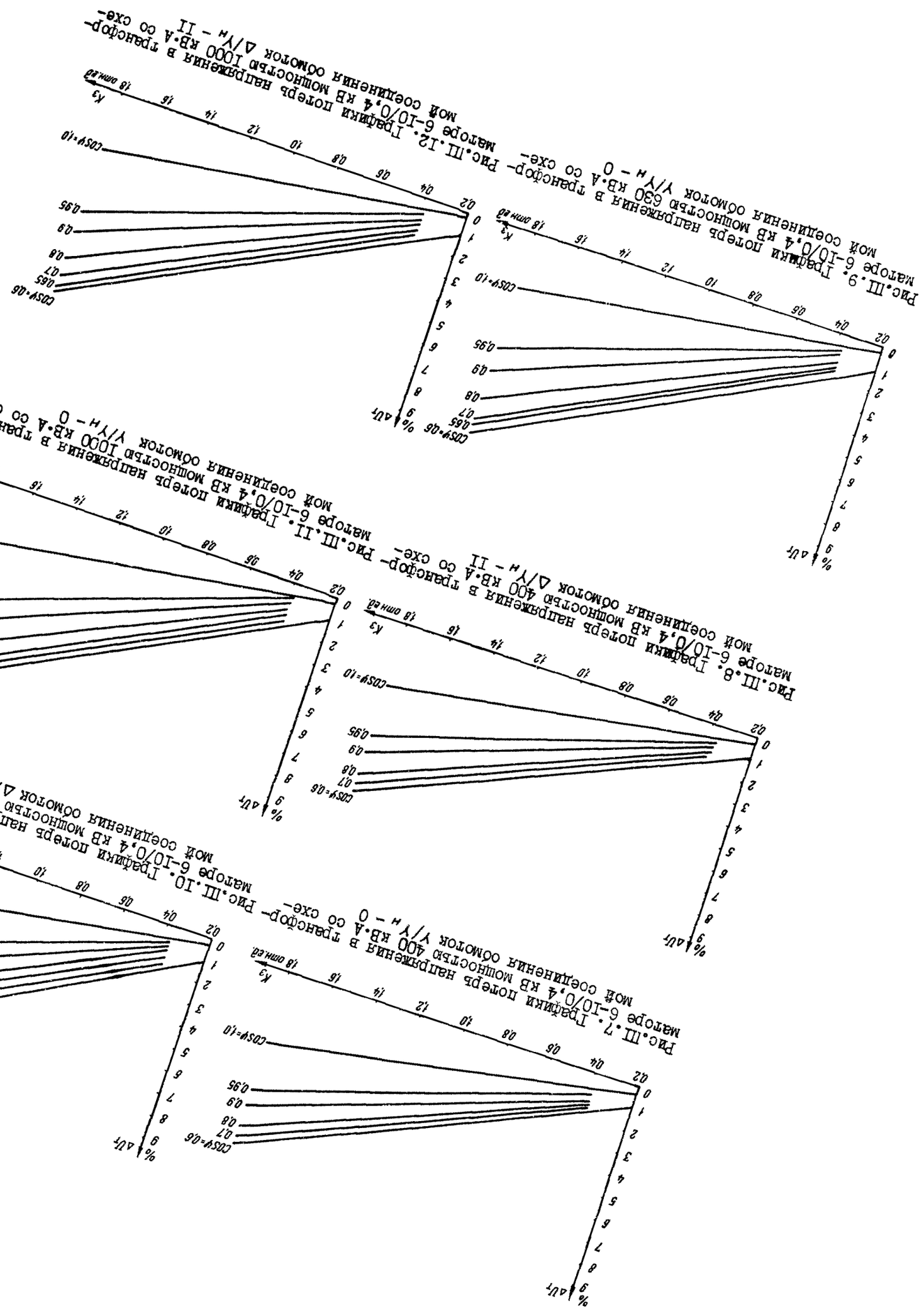


Рис.III.9. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-10/0,4 кВ мощностью 630 кВ·А со схемой соединения обмоток У/Ун - 0

Рис.III.8. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-10/0,4 кВ мощностью 1000 кВ·А со схемой соединения обмоток Δ/Ун - 11

Рис.III.10. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-10/0,4 кВ мощностью 400 кВ·А со схемой соединения обмоток У/Ун - 0

Рис.III.7. Графики потерь напряжения в трансформаторе 6-10/0,4 кВ мощностью 400 кВ·А со схемой соединения обмоток Δ/Ун - 11

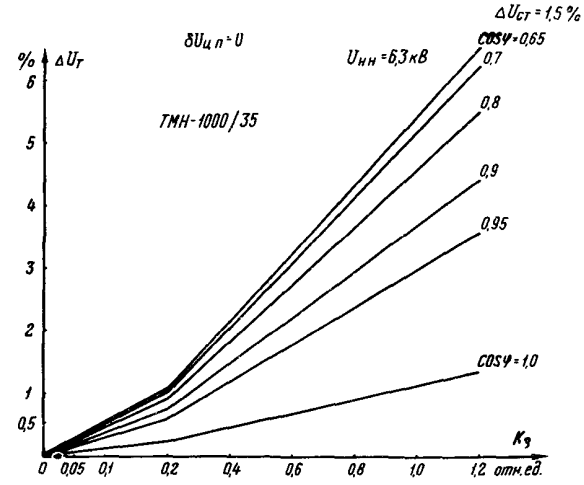


Рис. III.I3. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/6 кВ мощностью I000 кВ·А

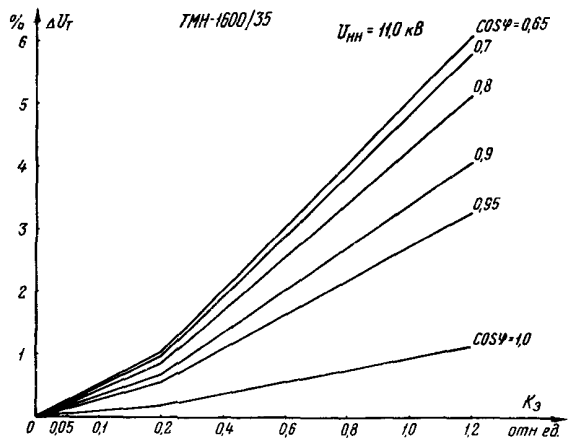


Рис.III.I6. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/I0 кВ мощностью I600 кВ·А

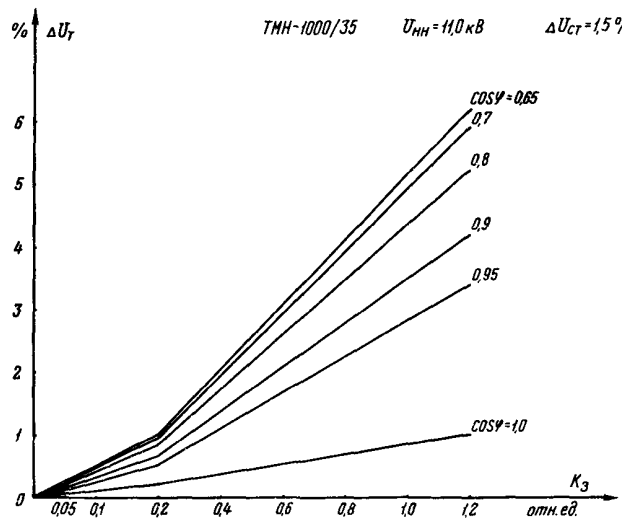


Рис.III.I4. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/I0 кВ мощностью I000 кВ·А

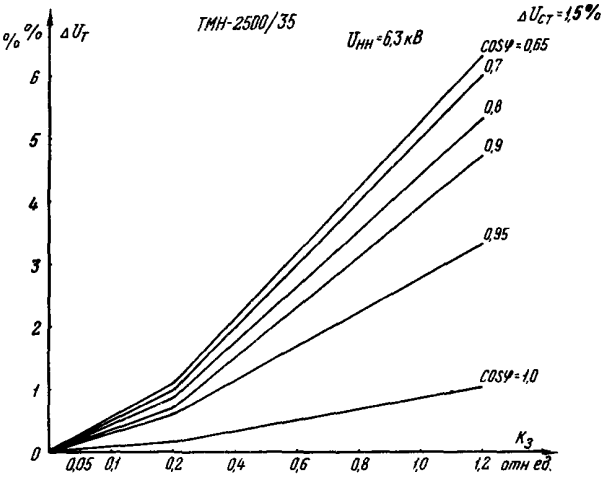


Рис.III.I7. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/6 кВ мощностью 2500 кВ·А

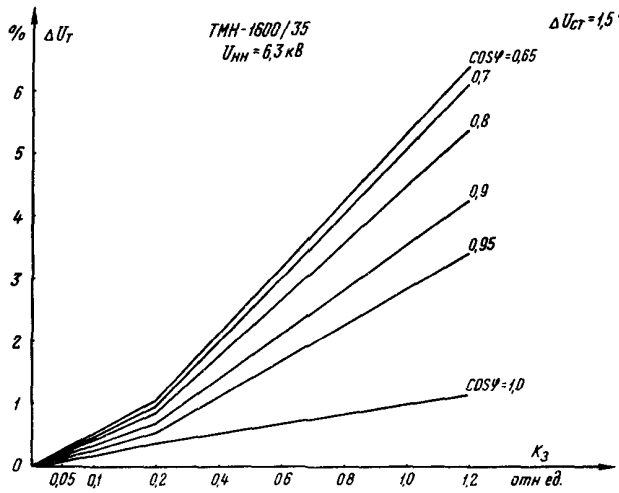


Рис.III.I5. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/6 кВ мощностью I600 кВ·А

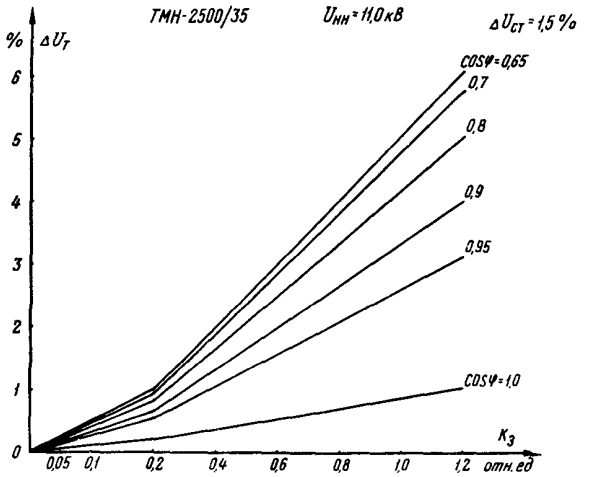


Рис.III.I8. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/I0 кВ мощностью 2500 кВ·А

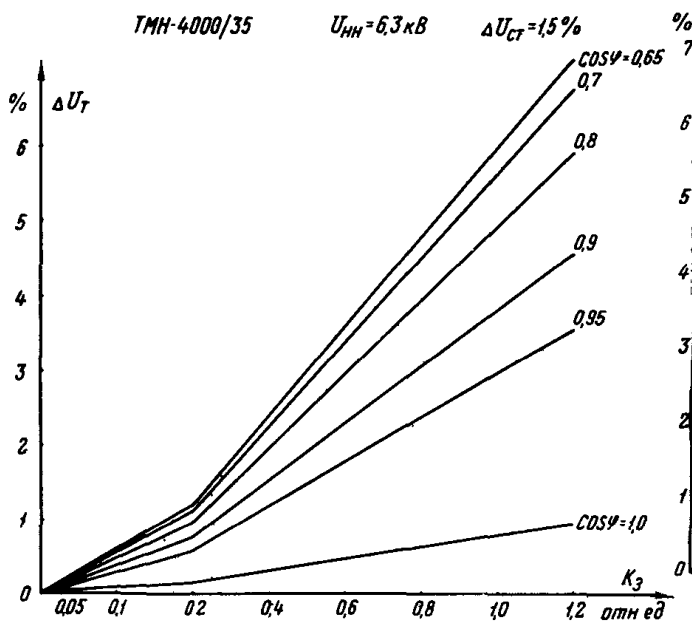


Рис.III.19. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/6 кВ мощностью 4000 кВ·А

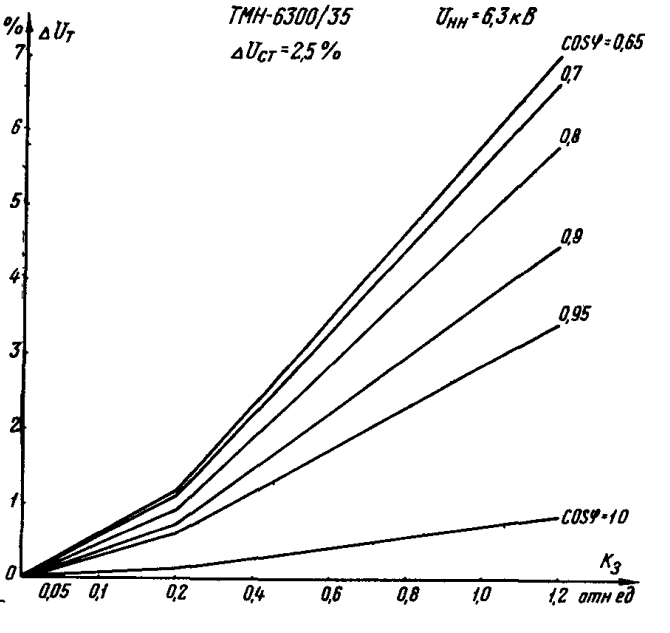


Рис.III.21. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/6 кВ мощностью 6300 кВ·А

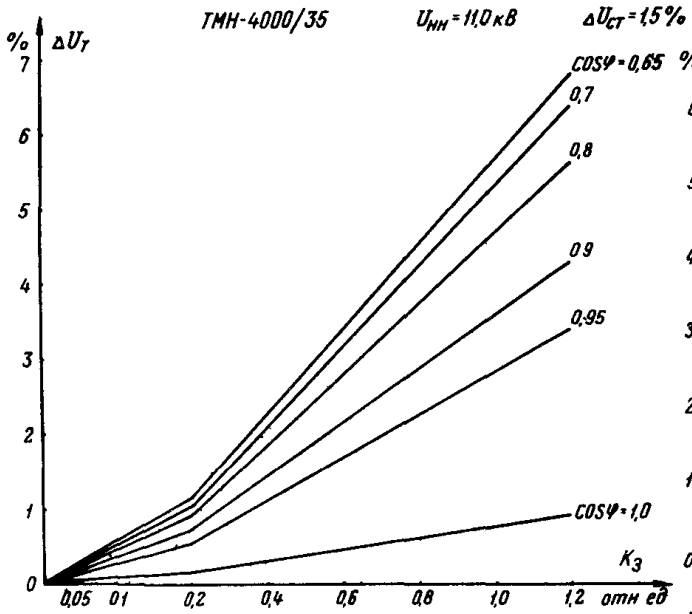


Рис.III.20. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/II кВ мощностью 4000 кВ·А

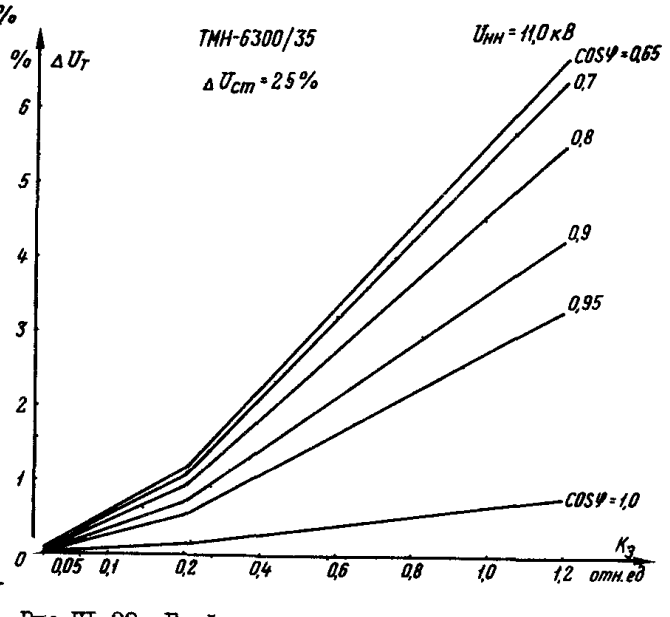


Рис.III.22. Графики потерь напряжения в трансформаторе 35/I0 кВ мощностью 6300 кВ·А

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ДИАПАЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ В ЦЕНТРЕ ПИТАНИЯ

Определение диапазона нормальных значений отклонений напряжения в центре питания для сезонного периода нагрузки необходимо производить в следующем порядке:

I. Определить пределы нормальных значений отклонений напряжения на шинах центра питания, требуемые каждым из выбранных характерных потребителей. Для i -го потребителя

$$\delta U^{I(II)}_{в.цп\,i} = \delta U^{I(II)}_{в.i} + \Delta U^{I(II)}_{i} - E^{I(II)}_{доб} - 0{,}5\,; \quad (П2.1)$$

$$\delta U^{I(II)}_{н.цп.i} = \delta U^{I(II)}_{н.i} + \Delta U^{I(II)}_{i} - E^{I(II)}_{доб} + 0{,}5\,, \quad (П2.2)$$

где $\delta U^{I(II)}_{в(н)цп.i}$ – верхнее (нижнее) нормальное значение отклонения напряжения, требуемое потребителем в центре питания в режимах его наибольшей (наименьшей) нагрузки рассматриваемого сезонного периода, %;

$\delta U^{I(II)}_{в(н)i}$ – верхнее (нижнее) нормальное значение отклонения напряжения на границе раздела с i -м характерным потребителем в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания, %;

$\Delta U^{I(II)}_{i}$ – ожидаемые потери напряжения в сети энергоснабжающей организации от границы раздела с i -м потребителем до центра питания в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания, %;

$E^{I(II)}_{доб}$ – добавка напряжения, создаваемая средствами местного регулирования напряжения энергоснабжающей организации в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания, %.

2. Проверить пределы нормальных значений отклонений напряжения на шинах центра питания на их совместимость в характерных режимах нагрузки по следующим условиям

$$min(\delta U^{I}_{в.цп.i}) \geqslant max(\delta U^{I}_{н.цп.i})\,; \quad (П2.3)$$

$$min(\delta U^{II}_{в.цп.i}) \geqslant max(\delta U^{II}_{н.цп.i})\,, \quad (П2.4)$$

где $min(\delta U^{I}_{в.цп.i}), min(\delta U^{II}_{в.цп.i})$ – наименьшее из всех значений, определенных по формуле (П2.1);

$max(\delta U^{I}_{н.цп.i}), max(\delta U^{II}_{н.цп.i})$ – наибольшее из всех значений, определенных по формуле (П2.2).

При выполнении условий совместимости следует определить верхний и нижний пределы диапазона регулирования напряжения в центре питания для рассматриваемого сезонного периода – $\delta U_{в.цп.с}$, $\delta U_{н.цп.с}$.

За верхний предел диапазона регулирования в центре питания $\delta U_{в.цп.с}$ следует принять значение, ближайшее к наименьшему из всех верхних пределов, требуемых характерными потребителями в режиме наибольших нагрузок – $min(\delta U^{I}_{в.цп.i})$.

При этом должно выполняться условие

$$\delta U_{в.цп.с} = m\Delta U_{ст} \leqslant min(\delta U^{I}_{в.цп.с}), \quad (П2.5)$$

где m – целое число, $m = 0, \pm1, \pm2, \ldots$;

$\Delta U_{ст}$ – ступень трансформации трансформатора.

За нижний предел диапазона регулирования в центре питания $\delta U_{н.цп.с}$ следует принять ближайшее к наибольшему из всех нижних пределов, требуемых характерными потребителями в режиме наименьших нагрузок – $max(\delta U_{н.цп.})$

При этом должно выполняться условие

$$\delta U_{н.цп.с} = m\Delta U_{ст} \geqslant max(\delta U^{II}_{н.цп.i}). \quad (П2.6)$$

3. При несовместимости требований характерных потребителей к нормальным значениям отклонений напряжения на шинах центра питания необходимо использовать средства местного регулирования напряжения, установленные в сетях энергоснабжающей организации, в том числе ответвления распределительных трансформаторов.

Замена ответвлений распределительных трансформаторов рекомендуется в том случае, когда потери напряжения от центра питания до трансформатора превышают ступень его регулирования. Так, при ступени регулирования распределительного трансформатора 2,5% и потере напряжения от центра питания до трансформатора не более 2,5% выбирается ответвление № I, при потере напряжения не более 5% - ответвление № 2 и т.д.

4. Если указанные способы не обеспечивают совместимость, то верхний и нижний пределы нормальных значений отклонений напряжения следует выбирать из минимума народнохозяйственного ущерба по следующей методике [2]:

4.I. Определить весовые коэффициенты характерных потребителей. Весовые коэффициенты могут быть приняты пропорциональными ущербу потребителя при значениях отклонения напряжения, выходящих за допустимые пределы, или нагрузке потребителя. В последнем случае для i-го потребителя

$$a_i^I = \frac{P_i^I}{d_i^I} \qquad a_i^{II} = \frac{P_i^{II}}{d_i^{II}} , \qquad (П2.7)$$

где $d_i^{I(II)} = \delta U_{Bi}^{I(II)} - \delta U_{Hi}^{I(II)}$;

$\delta U_{Bi}^{I(II)}$, $\delta U_{Hi}^{I(II)}$ - верхний (нижний) предел отклонений напряжения на границе раздела, потребованный i-м характерным потребителем в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания,%;

$P_i^{I(II)}$ - нагрузка i-го потребителя в характерных режимах.

4.2. Определить условия несовместимости. Если требования хотя бы двух характерных потребителей K-го и ℓ-го к отклонениям напряжения в центре питания несовместимы, то справедливы неравенства

$$\delta U_{B.цп.K}^{I} < \delta U_{H.цп.\ell}^{I} \qquad (П2.8)$$

или (и)

$$\delta U_{B.цп.K}^{II} < \delta U_{H.цп.\ell}^{II} ,$$

где $\delta U_{B.цп.K}^{I(II)}$ - верхний предел допустимых отклонений напряжения в центре питания, требуемый K-м характерным потребителем в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания;

$\delta U_{H.цп.\ell}^{I(II)}$ - нижний предел допустимых отклонений напряжения в центре питания, требуемый ℓ-м характерным потребителем в режимах наибольшей (наименьшей) нагрузки центра питания.

4.3. Определить штрафную функцию $(W_{\eta i}^{I(II)})$ для каждого из N характерных потребителей отдельно для режимов наибольшей и наименьшей нагрузок центра питания.

Для i-го потребителя в режиме наибольших нагрузок

$$W_{\eta i}^{I} = |a_i^I (\delta U_{цп.\eta}^{I} - \delta U_{цп.i}^{I})| , \qquad (П2.9)$$

где $i = I,2,\ldots. K,\ldots\ldots \ell,\ldots\ldots N$.

За $\delta U_{H.цп.\eta}^{I}$ поочередно принимаются те значения, которые меньше хотя бы одного $\delta U_{H.цп.\ell}^{I}$, т.е.

$$\delta U_{цп.\eta}^{I} = \delta U_{B.цп.K}^{I} ,$$

а также те значения $\delta U_{H.цп.\ell}^{I}$, которые больше хотя бы одного $\delta U_{B.цп.K}^{I}$, т.е.

$$\delta U_{цп.\eta}^{I} = \delta U_{H.цп.\ell}^{I} .$$

За $\delta U_{цп.i}^{I}$ поочередно принимаются верхний и нижний пределы отклонения напряжения в центре питания, требуемые каждым из N характерных потребителей в режиме наибольших нагрузок центра питания.

Если $\delta U_{B.цп.i}^{I} < \delta U_{цп.\eta}^{I}$ или $\delta U_{H.цп.i}^{I} > \delta U_{цп.\eta}^{I}$, то $W_{\eta i}^{I}$ определяется по формуле (П2.9).

Если $\delta U_{H.цп.i}^{I} \leq \delta U_{H.цп.\eta}^{I} \leq \delta U_{B.цп.i}^{II}$, то $W_{\eta i}^{I} = 0$.

4.4. Определить суммарную штрафную функцию для рассматриваемого сезонного периода в режиме наибольших нагрузок центра питания при выбранном $\delta U_{цп.\eta}^{I}$

$$W_{\eta}^{II} = \sum_{i=1}^{N} W_{\eta i}^{II} , \qquad (П2.IO,а)$$

где $i = I,2,\ldots. \ell,\ldots. N$.

4.5. Определить аналогичным способом суммарную штрафную функцию для рассматриваемого сезонного периода в режиме наименьших нагрузок центра питания при выбранном $\delta U_{цп.\eta}^{II}$.

$$Ш_{\eta}^{II} = \sum_{i=1}^{N} Ш_{\eta i}^{II}, \qquad (П2.10,б)$$

где $i = 1,2,\dots к,\dots е,\dots N$.

4.6. Определить верхний и нижний пределы допустимых отклонений напряжения в центре питания для рассматриваемого сезонного периода, исходя из минимума суммарных штрафных функций. За верхний предел $\delta U_{в.цп}$ принимается значение $\delta U_{н.цп}$, при котором $Ш_{\eta}^{I}$ минимальна, за нижний предел $\delta U_{н.цп}$ принимается значение $\delta U_{цп.\eta}$, при котором $Ш_{\eta}^{II}$ минимальна.

4.7. Выбор компромиссного закона регулирования в центре питания по методике, изложенной выше, целесообразно производить по программе *RENA*, разработанной ВНИИЭ.

5. Если к центру питания подключены две явно выраженные разнородные группы потребителей (например, промышленные и коммунально-бытовые) и существует возможность установки в центре питания двух автоматических регуляторов напряжения, то целесообразно применение схемы комбинированного регулирования. В этом случае определение $\delta U_{в.цп.с}$ и $\delta U_{н.цп.с}$ следует производить отдельно для каждой группы потребителей методами, описанными в пп. I-3 приложения 2.

Каждый из автоматических регуляторов, установленный в центре питания, должен быть ориентирован на закон регулирования для своей группы потребителей. Выводы этих регуляторов соединяются таким образом, что если любой из них дает команду на повышение напряжения, то эта команда выполняется регулирующим устройством. Если автоматический регулятор напряжения дает команду на понижение напряжения, то эта команда выполняется только в том случае, если такую же команду на понижение напряжения дает второй автоматический регулятор напряжения.

Структурная схема комбинированного регулирования напряжения в центре питания представлена на рис.П2.I. Команда на повышение напряжения реализуется через логический элемент ИЛИ, а команда на понижение напряжения через логический элемент И. В этом случае на шинах центра питания будет поддерживаться напряжение, соответствующее огибающей двух графиков требуемых напряжений.

Выполнение комбинированного регулирования напряжения возможно с помощью автоматических регуляторов напряжения АРТ-IН, схемы соединения которых приведены на рис.П2.2, *а* и *б*. Более просто комбинированное регулирование напряжения может быть выполнено с помощью одного автоматического регулятора напряжения АРТ-IН и одного регулятора АРКОН-I. Схема их соединения представлена на рис.П2.3.

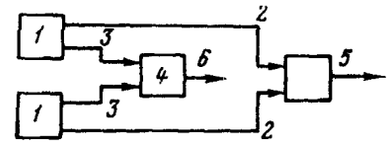


Рис.П2.I. Структурная схема комбинированного регулирования напряжения в центре питания (ЦП) с помощью АРТ-IН:

I - АРТ-IН; 2 - сигнал "убавить"; 3 - сигнал "прибавить"; 4 - логический элемент ИЛИ; 5 - логический элемент И; 6 - команда на переключение

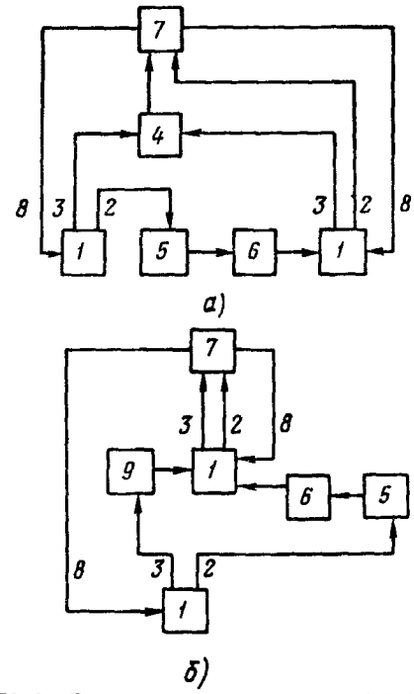


Рис.П2.2. Варианты структурных схем комбинированного регулирования напряжения в ЦП с помощью двух АРТ-IН:

I - АРТ-IН; 2 - сигнал "убавить"; 3 - сигнал "прибавить"; 4 - логический элемент ИЛИ; 5 - логический элемент НЕ; 6 - запрет сигнала "убавить"; 7 - РПН; 8 - сигнал "переключение"; 9 - оперативное изменение уставки АРТ-IН на более высокую

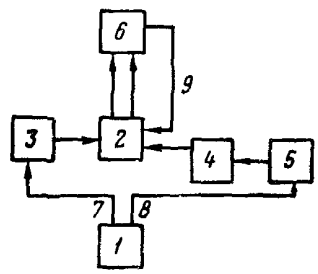


Рис.П2.3. Структурная схема комбинированного регулирования с ЦП с помощью одного АРТ-1Н и одного регулятора АРКОН-1:

1 - АРКОН-1; 2 - АРТ-1Н; 3 - оперативное изменение уставки АРТ-1Н на более высокую; 4 - логический элемент НЕ; 5 - запрет сигнала "убавить"; 6 - РПН; 7 - канал "ниже"; 8 - канал "выше"; 8 - сигнал "переключение"

При функционировании в энергосистемах АСДУ ПЭС анализ режима напряжения и выбор закона регулирования напряжения в ЦП необходимо производить с помощью программ моделирования и оптимизации режима напряжения с учетом статических характеристик активной и реактивной нагрузок по напряжению [6,7].

6. После определения необходимого диапазона нормальных значений отклонений напряжения в центре питания следует проверить совместимость верхнего и нижнего пределов нормальных значений отклонений напряжения на шинах центра питания с фактическими уровнями напряжения на стороне высокого напряжения трансформатора[1]. Для этого необходимо определить границы допустимого диапазона регулирования напряжения на стороне высокого напряжения центра питания:

для режима наибольших нагрузок

$$\delta U^{I}_{цп.в}=\left\{\left[\frac{U_{ном.н}}{U_{ном.в}}\left(1+\frac{\delta U_{в.цп}}{100}\right)K_{тр.кр}+\right.\right.$$
$$\left.\left.+\Delta U^{I}_{тр.кр}\right]-1\right\}100; \qquad (П2.11)$$

для режима наименьших нагрузок

$$\delta U^{II}_{цп.в}=\left\{\left[\frac{U_{ном.н}}{U_{ном.в}}\left(1+\frac{\delta U_{н.цп}}{100}\right)K_{тр.кр}+\right.\right.$$
$$\left.\left.+\Delta U^{II}_{тр.кр}\right]-1\right\}100, \qquad (П2.12)$$

---

[1] Аналогично проводится определение допустимого диапазона отклонений напряжения в электрической сети 35-220 кВ при максимально допустимых отклонениях напряжения на шинах центра питания напряжением 6-20 кВ.

где $\delta U^{I}_{цп.в}$, $\delta U^{II}_{цп.в}$ - пределы допустимых отклонений напряжения на стороне высокого напряжения центра питания, %;

$U_{ном.н}$, $U_{ном.в}$ - номинальные значения напряжения сетей на стороне низкого и высокого напряжений трансформатора, кВ;

$K_{тр.кр}$ - коэффициент трансформации трансформаторов центра питания при двух крайних положениях РПН;

$$K_{тр.кр.1}=\frac{U_{ном.тр.в}}{U_{ном.тр.н}}\left(1+\Delta U_{ст}\cdot 10^{-2}m\right); \qquad (П2.13)$$

$$K_{тр.кр.2}=\frac{U_{ном.тр.в}}{U_{ном.тр.н}}\left(1-\Delta U_{ст}\cdot 10^{-2}m\right),$$

$U_{ном.тр.в}$, $U_{ном.тр.н}$ - номинальные значения напряжения трансформатора соответственно на стороне высокого и низкого напряжений, кВ;

$\Delta U_{ст}$ - ступень регулирования трансформатора, %;

m - целое число, равное $\frac{n-1}{2}$, где n число ступеней регулирования трансформатора;

$\Delta U^{I(II)}_{тр.кр}$ - потеря напряжения в трансформаторе в режиме наибольших (наименьших) нагрузок центра питания при двух крайних положениях РПН трансформатора, отн.ед;

$$\Delta U^{I}_{тр.кр.1(2)}=\frac{U_{ном.н}}{U_{ном.в}}\left(1+\frac{\delta U_{в.цп}}{100}\right)\times$$
$$\times\frac{\sqrt{3}\,I^{I}\cdot 10^{-3}(r_T\cos\varphi+x_T\sin\varphi)}{U_{ном.тр.в}\left(1\pm\Delta U_{ст}\cdot 10^{-2}n\right)}; \qquad (П2.14)$$

$$\Delta U^{II}_{тр.кр.1(2)}=\frac{U_{ном.н}}{U_{ном.в}}\left(1+\frac{\delta U_{в.цп}}{100}\right)\times$$
$$\times\frac{\sqrt{3}\,I^{II}\cdot 10^{-3}(r_T\cos\varphi+x_T\sin\varphi)}{U_{ном.тр.в}\left(1\pm\Delta U_{ст}\cdot 10^{-2}n\right)},$$

где I^I, I^{II} – токи компенсации на вторичной стороне трансформатора в центре питания соответственно в режимах наибольшей и наименьшей нагрузок сезонного периода А;

r_T, X_T – активное и индуктивное сопротивления трансформатора, Ом;

$Cos\varphi$ – коэффициент мощности нагрузки в центре питания, отн.ед.

Полученные диапазоны $\delta U^I_{цп\,в}$ и $\delta U^{II}_{цп\,в}$ необходимо сравнить с фактическими уровнями напряжения на стороне высокого напряжения центра питания. Если фактические уровни напряжения лежат внутри допустимых диапазонов регулирования напряжения в центре питания, то режимы напряжения на стороне высокого и низкого напряжений в центре питания совместимы. В противном случае энергоснабжающая организация должна предпринимать меры для обеспечения условий совместимости.

7. Определить уставки по току (коэффициент статизма) $K(\%/A)$ и напряжению δU_0 (%) автоматического регулятора напряжения в рассматриваемом сезонном периоде, исходя из линейного закона регулирования, осуществляемого регулятором:

$$K = \frac{\delta U_{в.цп} - \delta U_{н.цп}}{I^I - I^{II}}; \qquad (П2.I5)$$

$$\delta \Delta U_0 = \delta U_{в.цп} - K I^I. \qquad (П2.I6)$$

При наличии двух явно выраженных разнородных групп потребителей выбор уставок по формулам (П2.I5), (П2.I6) должен производиться отдельно для каждого регулятора, ориентированного на одну из групп потребителей. Использование двух автоматических регуляторов напряжения в системе комбинированного регулирования, схемы которого приведены в приложении 2, позволит осуществить в центре питания нелинейный закон регулирования.

Приложение 3

УСЛОВИЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СЕТИ ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

I. Информация, необходимая для определения условий присоединения к сети энергоснабжающей организации нелинейных нагрузок

I.I. При проектировании присоединения к сети энергоснабжающей организации нового потребителя с нелинейными нагрузками или подключения новой нелинейной нагрузки к существующему потребителю энергоснабжающая организация имеет право затребовать у потребителя следующую информацию:

тип и мощность установленного искажающего синусоидальность электрооборудования и проектируемого к подключению (вентильный преобразователь, регулятор переменного тока, дуговая печь и т.д.);

число фаз преобразователя, тип преобразователя (управляемый, неуправляемый, полууправляемый), схема соединения вентилей (тип моста), схема соединения преобразовательного трансформатора,

максимальное значение коэффициентов каждой гармонической составляющей тока, создаваемой нелинейной нагрузкой в течение суток;

значения коэффициентов каждой гармонической составляющей тока, соответствующие максимальному значению коэффициента искажения синусоидальности тока;

относительные фазовые углы сдвига между гармоническими составляющими существующего искажающего электрооборудования (или потребителя) и проектируемого к подключению;

мощность и место присоединения к сети конденсаторной установки или фильтра;

тип и рабочий цикл потребителя и его искажающего оборудования, время суток, продолжительность и число интервалов времени за час или день, в которых генерируются максимальные искажения синусоидальности.

I.2. При проектировании своего подключения к сети энергоснабжающей организации потребитель имеет право затребовать у энергосистемы следующую информацию:

уровень мощности короткого замыкания в рассматриваемой точке общего присоединения для настоящего и перспективного состояния нормальной и ремонтной схем сети энергоснабжающей организации;

мощность и точки присоединения конденсаторных установок для настоящего и перспек-

тивного состояния сети энергоснабжающей организации;

максимальное значение коэффициентов каждой гармонической составляющей напряжения и тока в точке общего присоединения в любое время суток;

значения коэффициентов каждой гармонической составляющей напряжения и тока в точке общего присоединения, соответствующие максимальным значениям коэффициентов искажения синусоидальности напряжения и тока;

входная частотная характеристика сети энергоснабжающей организации в точке общего присоединения;

нормальное и максимальное значения коэффициента искажений синусоидальности напряжения и коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения в точке общего присоединения.

2.Условия присоединения

2.I. При присоединении к сети энергоснабжающей организации нового потребителя с нелинейными нагрузками или подключении новой нелинейной нагрузки к существующему потребителю рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

2.I.I. Если мощность вновь присоединяемой нелинейной нагрузки не превышает 0,2% мощности короткого замыкания к точке общего присоединения к сети энергоснабжающей организации, то ее присоединение может быть согласовано последней без подробного рассмотрения гармонических помех, создаваемых этой нагрузкой.

2.I.2. Если мощность вновь присоединяемой нелинейной нагрузки превышает пределы, указанные в п.2.I.I, то ее присоединение может быть разрешено, если выполняются следующие условия:

коэффициенты гармонических составляющих напряжения и коэффициент искажения синусоидальности напряжения в точке общего присоединения не превышают 75% пределов, установленных в соответствии с ГОСТ I3I09-87 при наличии одного искажающего потребителя в точке общего присоединения или в соответствии с п.3.4.2 настоящих Методических указаний при наличии нескольких искажающих потребителей в точке общего присоединения ; мощность вновь присоединяемой нагрузки не превышает пределов, указанных на рис.П3.I.

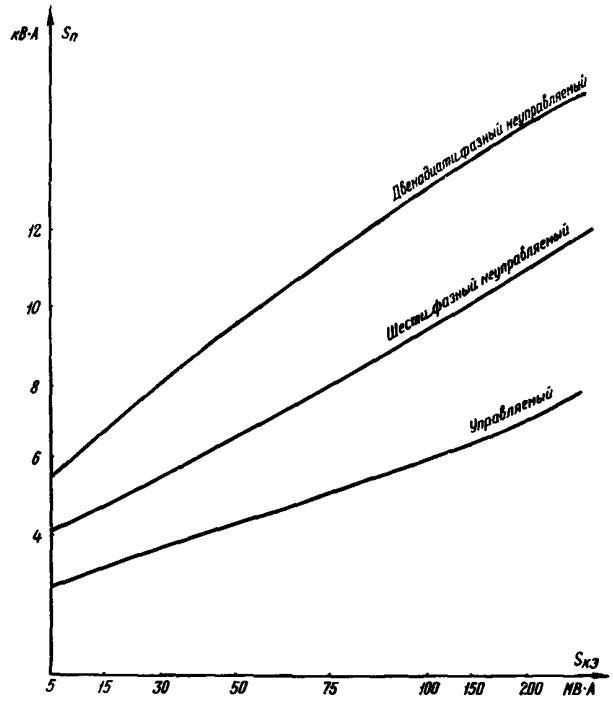


Рис.П3.I. График зависимости допустимой мощности вновь присоединяемой искажающей нагрузки ($S_п$) от мощности короткого замыкания ($S_{кз}$) в точке присоединения

П р и м е ч а н и е. Мощность вновь присоединяемой нелинейной нагрузки может быть удвоена, если существующее искажение синусоидальности в точке общего присоединения не превышает 25%.

2.I.3. Если не выполняются условия п.2.I.2, то присоединение новой нелинейной нагрузки может быть одобрено только после подробного исследования существующего искажения синусоидальности в электрической сети и прогнозирования влияния, которое окажет подключаемая нагрузка. Суммарное искажение синусоидальности напряжения не должно превышать пределов, установленных в соответствии с ГОСТ I3I09-87 (при наличии одного искажающего потребителя в точке общего присоединения) или в соответствии с п.3.4.2 данных Методических указаний (при наличии нескольких искажающих потребителей в точке общего присоединения).

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМАХОВ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКОВ В СЕТИ С РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

I. Измерение размахов изменений напряжения в электрической сети напряжением более 1000 В производят с помощью согласующих устройств СУ-I (СУ-2), схема которых представлена на рис.П4.I. Параметры элементов схемы следующие:

*VD*I ÷*VD*4; *VD*32 - выпрямительные диоды КД, имеющие $U_{обр} \geq$ 200 В; $I_{прям} \geq$ 50 мА с известным падением напряжения при I = 20 мА:

*VD*5 ÷*VD*I6 - стабисторы 2СI07А - I2 шт. с известным $U_{ст}$ с точностью до 0,I% и подобранные по температурному коэффициенту нестабильности $\alpha_t \leq$ (-0,2÷-0,I)%/К;

*VD*I7 ÷*VD*22, *VD*23 ÷*VD*30, *VD*33 - прецизионные стабилитроны *D*8I8*D* или *D*8I8E (в соответствии с СМ3.362.025 ТУ); *VD*34 - стабилитрон 2СI47А (возможны: 2СI56А; 2СI33А) с известным $U_{ст}$ при I = 20 мА;

или

*VD*I7 ÷*VD*22; *VD*25 ÷*VD*3I - прецизионные стабилитроны КС 2I1*D* ;

*VD*33 - стабилитрон 2СI33А (возможны 2СI47А; 2СII3А) с известным $U_{ст}$;*VD*23, *VD*24, *VD*34 - отсутствуют;

*VD*35 - *VD*40 - стабисторы 2СI07А с известным $U_{ст}$ с точностью 0,I% при I = 20 мА и подобранные по температурному коэффициенту нестабильности $\alpha_t \leq$ (-0,2÷-0,I)%/К;

*R*I, *R*2 - резисторы с номинальным сопротивлением 7,5 кОм ± 0,5%, $P_{ном}$ = 2 Вт типов С2-29 В, С5-53В (с малым температурным коэффициентом);

П1, П3 - пакетные (галетные) переключатели на I2 положений;

П2 - переключатель ТВI-2, ПК 4I-I;

*R*3 - резистор МЛТ, ВС и т.п. с номинальным сопротивлением 300÷500 Ом; $P_{ном}$ = I,0÷2,0 Вт.

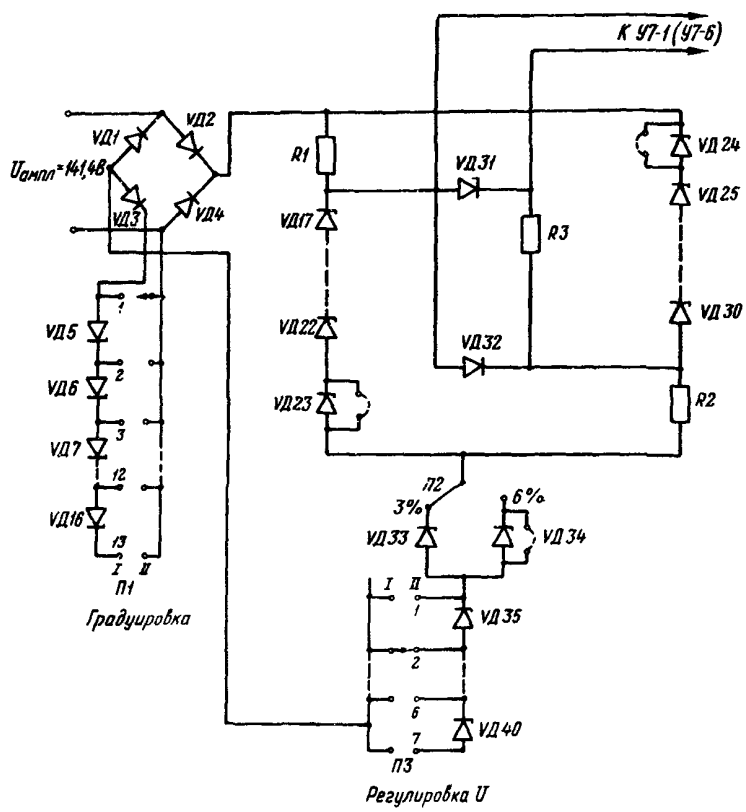


Рис.П4.I. Схема согласующего устройства СУ-I (СУ-2) для регистрации размаха изменения напряжения

2. Измерение размахов изменений напряжения в электрической сети напряжением менее 1000 В производят с помощью согласующих устройств СУ-1 (СУ-2) и понижающих трансформаторов. Схема подключения понижающих трансформаторов приведена на рис.П4.2.

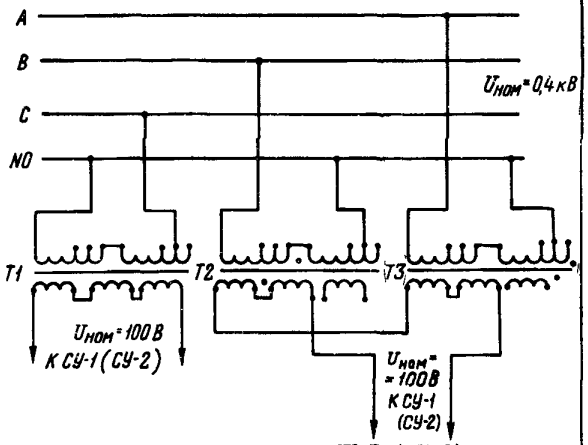


Рис.П4.2. Схема подключения СУ-1 (СУ-2) при измерении размаха изменений напряжения в электрических сетях напряжением ниже 1000 В ($U_{ном}$= 220,380 В)

Параметры элементов схемы следующие:
Т1-Т3 - трансформаторы анодные типов: ТА55-127/220-50+ТА57-127/220-50; ТА88-127/220-50; ТА89-127/220-50; ТАI24-127/220-50.

3. Измерение тока в фазе с резкопеременной нагрузкой производится с помощью согласующего устройства СУ-3, схема которого представлена на рис.П4.3 и делителя напряжения (ДН), схема которого представлена на рис.П4.4.

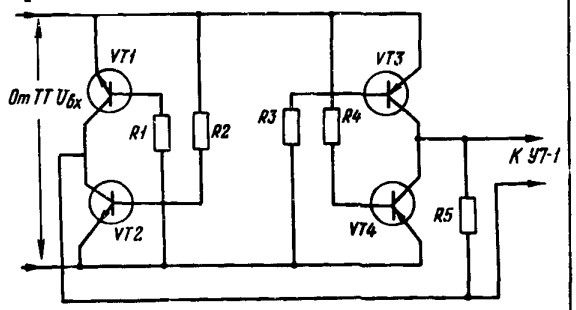


Рис.П4.3. Схема согласующего устройства СУ-3 для регистрации размаха изменения тока

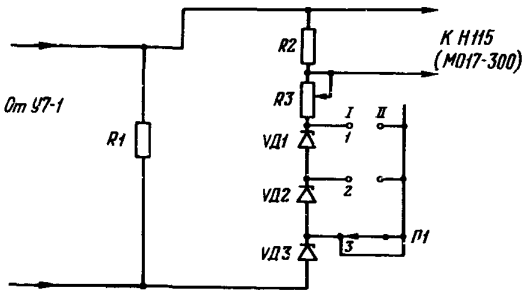


Рис.П4.4. Схема делителя напряжения (ДН) для регистрации размаха изменения тока

Параметры элементов схемы СУ-3 следующие: VT1; VT2 - триоды МП38 и им подобные с коэффициентом передачи по току $h_{21э}$≥50;

VT3; VT4 - триоды МП39 и им подобные с $h_{21э}$ ≥ 50;

$R1 = R2 = R3 = R4 = R5$ = 10 кОм; P = 0,5 Вт; типы МЛТ, ВС и т.п. Погрешность СУ-3 $\Delta_U \leq \pm(50+60)$ мВ при $U_{бх}$ = 0,1+2 В.

Параметры элементов схемы ДН:
$R1$ - резистор с номинальным сопротивлением 1,2 кОм ±5%; типы МЛТ, ВС и ТП; P = 1+2 Вт;

$R3$ - потенциометр СП-II; СП2-2а с номинальным сопротивлением 1,0+1,5 кОм при P = 1+2 Вт;

$R2$ - 68 Ом ± 10%, тип МЛТ или ВС;
$VD1+VD2$ - 2С107А (при принятом значении напряжения стабилизации с точностью ±0,01 В);

$VD3$ - 2С133А, 2С147А, 2С156А (при принятом значении напряжения стабилизации с точностью ± 0,01 В);

П - пакетный переключатель любого типа.

Приложение 5

ФОРМЫ ПРОТОКОЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Форма I

Протокол измерения отклонений напряжения с помощью приборов 43203 и 43401 в ____ квартале 19____г.

ЦП _____ РП № _____ ТП № _____

Контрольный пункт _____

Допустимые пределы _____ _____

_____ _____

Трансформатор № _____ тип _____

K_3 = _____ %; K_T = _____ %.

Отпайка № _____

43203 № _____ 43401 № _____

Дата измерения	Время начала и конца измерения; предел измерения 43203	Показания счетчиков																$m^*_{\delta U}$ %	$\sigma^*_{\delta U}$ %
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
I0.02	8 ч 00 мин – – 2I ч 00 мин; ±I0%																		
	2I ч 00 мин – – 8 ч 00 мин; ±I0%																		
II.02	8 ч 00 мин – -2I ч 00 мин; ±I0%																		
	2I ч 00 мин -8 ч 00 мин; ±I0%																		
	Сутки; ±I0%																		
. . . .	. . . . .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
I6.02	8 ч 00 мин – -2I ч 00 мин; ±I0%																		
	2I ч 00 мин – -8 ч 00 мин; ±I0%																		
	Сутки; ±I0%																		

Исполнитель измерений _____
(подпись)

Результаты обработки _____

_____

_____

_____

Дата измерения	Время начала и конца измерения	$m_{\delta U}$ %	$\sigma_{\delta U}$ %	Дата измерения	Время начала и конца измерения	$m_{\delta U}$ %	$\sigma_{\delta U}$ %
I0.02	8ч00мин-2Iч00 мин; 2Iч00мин-8ч00мин;			I5.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин; сутки		
II.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин; сутки			I6.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин; сутки		
				I7.02	8ч00мин-2Iч00мин		

Исполнитель обработки _____
(подпись)

Рекомендации для улучшения режима напряжения _____

_____

_____

_____

_____
(подпись)

Форма 2

Протокол измерения отклонений напряжения с помощью САКН-I в _____квартале I9 ___г.
ЦП _____ РП № _____ ТП № _____
Контрольный пункт _____
Допустимые пределы _____ _____
_____ _____
Трансформатор № _____ тип _____
K_3 _____%; K_T _____%;
Отпайка № _____
САКН-I № _____ Ширина интервала при нулевом сдвиге $\Delta\delta U$= _____%
Сдвиг диапазона Δd _____%;
Выдержка времени Δt _____с.

Дата измерения	Время начала и конца измерения	Показания счетчиков							
		I	2	3	4	5	6	7	8
I0.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин								
II.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин								
. . . .	. . . . .	. . . . .	. . . .	. . .	. . . .	. . . . .	. . . .	. . . .	. . .
I7.02	8ч00мин-2Iч00мин								

Исполнитель измерений _____
(подпись)

Результаты обработки _____

Дата измерения	Время начала и конца измерения	Интервалы отклонений напряжений								$m_{\delta U}$ %	$\sigma_{\delta U}$ %
		I	2	3	4	5	6	7	8		
I0.2	8ч00мин–2Iч00мин; 2Iч00мин–8ч00мин										
II.02	8ч00мин–2Iч00мин; 2Iч00мин–8ч00мин										

Исполнитель обработки _____ (подпись)

Рекомендации для улучшения режима напряжения _____

Форма 3

Протокол измерения коэффициента искажения синусоидальности напряжения в _____квартале I9__г.

ЦП _____ РП № _____ ТП № _____

Контрольный пункт _____

Допустимый K_U _____

Мощность БК _____

43250 № _____ 4340I № _____

Дата измерения	Время начала и конца измерения; предел измерения 43250	Показания счетчиков																m^*_{kU} %	σ^*_{kU} %
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
I0.02	8 ч 00 мин – –2I ч 00 мин; I0%																		
	2I ч 00 мин – –8 ч 00 мин; I0%																		
II.02	8 ч 00 мин – –2I ч 00 мин; I0%																		
	2I ч 00 мин – –8 ч 00 мин; I0%																		
	Сутки; I0%																		
. . .	. . . . .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
I6.02	8 ч 00 мин– –2I ч 00 мин; I0%																		
	2I ч 00 мин– –8 ч 00 мин; I0%																		
	Сутки; I0%																		
I7.02	2Iч 00 мин – –8ч 00 мин; I0%																		

Исполнитель измерений _____ (подпись)

Результаты обработки _____

Дата измерения	Время начала и конца измерения	m_{kU} %	σ_{kU} %	Дата измерения	Время начала и конца измерения	m_{kU} %	σ_{kU} %
I0.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин;			I5.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин; сутки		
II.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин; сутки.			I6.02	8ч00мин-2Iч00мин; 2Iч00мин-8ч00мин; сутки		
				I7.02	2Iч00мин-8ч00мин		

Исполнитель обработки _____
(подпись)

Рекомендации для уменьшения искажений синусоидальности напряжения

_____

_____

_____

Список использованной литературы

I. ГОСТ I3II09-87 "Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения". - М.: Издательство стандартов, I988.

2. МАРКУШЕВИЧ Н.С., СОЛДАТКИНА Л.А. Качество напряжения в городских электрических сетях. М.:Энергия, I975.

3. ЖЕЖЕЛЕНКО И.В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях. - М.: Энергия, I977.

4. ШИДЛОВСКИЙ А.К., КУЗНЕЦОВ В.Г., НИКОЛАЕНКО В.Г. Оптимизация несимметричных режимов систем электроснабжения. - Киев: Наукова думка, I987.

5. МАМОШИН Р.Р. Повышение качества электроэнергии на шинах тяговых подстанций дорог переменного тока. - М.: Транспорт, I973.

6. МАРКУШЕВИЧ Н.С. Регулирование напряжения и экономия электроэнергии. - М.: Энергоатомиздат, I984.

7. МАРКУШЕВИЧ Н.С. Автоматизированная система диспетчерского управления. Из опыта Латвийской энергосистемы. - М.: Энергоатомиздат, I986.

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Общие положения 3
2. Выбор пунктов измерения качества электроэнергии 5
3. Определение нормальных и максимальных значений показателей качества электроэнергии в пунктах контроля 7
4. Продолжительность и периодичность измерений показателей качества электроэнергии I5
5. Средства измерений и вспомогательные устройства..... I6
6. Требования к безопасности и квалификации персонала 27
7. Условия выполнения измерений 28
8. *Подготовка к выполнению измерений* 28
9. Выполнение измерений 34
I0. Обработка результатов измерений 38
II. Анализ результатов измерений..... 46
I2. Распределение обязанностей по контролю и анализу качества электроэнергии между подразделениями ПОЭЭ и ПЭС 5I
П р и л о ж е н и е I. Удельные потери напряжения в кабельных и воздушных линиях 0,4 и 6-I0 кВ, потери напряжения в трансформаторах 6-I0/0,4 кВ и 35/6-I0 кВ 52
П р и л о ж е н и е 2. Определение необходимого диапазона регулирования в центре питания..... 58
П р и л о ж е н и е 3. Условия присоединения нелинейных потребителей к сети энергоснабжающей организации 62
П р и л о ж е н и е 4. Измерение размахов изменений напряжения и токов в сети с резкопеременной нагрузкой..... 64
П р и л о ж е н и е 5. Формы протоколов измерений 66
С п и с о к и с п о л ь з о в а н н о й л и т е р а т у р ы 70

рот. ВНИПИЭНЕРГОПРОМ Зак. № 811 Тир 20 Дата 29.05.90

Ответственный редактор Р.Р.Яблокова
Литературный редактор А.А.Шиканян
Технический редактор Б.М.Полякова
Корректор Л.Ф.Петрухина

Подписано к печати 26.03.90 Формат 60x84 1/8
Печать офсетная Усл.печ.л.8,3 Уч.-изд.л. 7,6 Тираж 1800 экз.
Заказ №69/90 Издат. № 89650

Производственная служба передового опыта эксплуатации
энергопредприятий Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

gost.e-ecolog.ru