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

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

РД 34.11.207-89

СПО
СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1989

gost.e-ecolog.ru

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

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

РД 34.11.207-89

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПО "СОЮЗТЕХЭНЕРГО"
Москва 1989

Р А З Р А Б О Т А Н О Производственным объединением по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Союзтехэнерго", предприятием "Дальтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И Ю.Б.БОЛЬШАКОВ, Ю.А.БОРИСОВ, А.А.ЛЕЩУК

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации 11.04.89 г.

Заместитель начальника А.П.БЕРСЕНЕВ

© СПО Союзтехэнерго, 1989.

УДК 621.398.389 (083.93)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

РД 34.11.207-89

Срок действия установлен
с 01.07.89 г.
до 01.07.94 г.

Настоящая Методика применяется для расчета метрологических характеристик (МХ) систем телеизмерения энергопредприятий, энергообъединений и диспетчерских пунктов.

С помощью Методики устанавливаются способы расчета МХ каналов телеизмерений (КТИ) из числа регламентированных ГОСТ 8.009.84 по МХ агрегатных средств измерений (АСИ), входящих в состав КТИ, для статического режима измерений.

Методика используется для расчетного определения суммарной погрешности каналов телеизмерений при проектировании, эксплуатации и метрологической аттестации систем телеизмерений.

Определения терминов, используемых в Методике, приведены в приложении 1.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В состав КТИ входят все средства измерений, передачи данных, линии связи и средства отображения информации от первичных измерительных трансформаторов до средств представления информации, необходимые для выполнения законченной функции измерения.

1.2. Расчет МХ производится для КТИ, АСИ которого согласованы по входным и выходным импедансам. Условия эксплуатации АСИ соответствуют требованиям, указанным в технической документации завода-изготовителя АСИ.

1.3. Приемопередающие устройства телемеханики, приемники, передатчики данных и линии связи рассматриваются в настоящей Методике как единое АСИ с нормируемыми МХ.

2. ВЫБОР КОМПЛЕКСА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

2.1. В таблице приведены комплексы МХ КТИ, подлежащие расчету.

Первый комплекс	Второй комплекс
1. Нижняя $\Delta_{Н_{НУ}}$ и верхняя $\Delta_{В_{НУ}}$ границы интервала, в котором с заданной вероятностью P находится погрешность КТИ в нормальных условиях эксплуатации каждого АСИ.	1. Нижняя $\Delta_Н$ и верхняя $\Delta_В$ границы интервала, в котором с заданной вероятностью P находится погрешность КТИ в реальных условиях эксплуатации.
2. Нижняя $\Delta_Н$ и верхняя $\Delta_В$ границы интервала, в котором с заданной вероятностью P находится погрешность КТИ в реальных условиях эксплуатации	2. Математическое ожидание $M[\Delta]$ суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации.
	3. $\sigma[\Delta]$ среднее квадратическое отклонение (СКО) суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации

2.2. Первый комплекс МХ КТИ следует выбирать в том случае, когда в НТД на АСИ, входящие в КТИ, нормируется основная погрешность и наибольшие допустимые изменения ее, вызванные воздействием влияющих факторов.

2.3. Второй комплекс МХ КТИ следует выбирать в случае нормирования в НТД на АСИ раздельно систематической, случайной составляющей основной погрешности и функций влияния на эти составляющие погрешности.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Для расчета первого комплекса МХ КТИ необходимы следующие исходные данные:

3.1.1. Нормируемые МХ АСИ:

Δ – предел допустимой основной погрешности i-го АСИ;

f_{TT}, f_{TH} – пределы допустимых угловых погрешностей измерительного трансформатора тока и напряжения;

$\varepsilon_i(\xi_j)$– наибольшие допустимые изменения основной погрешности i-го АСИ, вызванные воздействием j-й влияющей величины.

3.1.2. Характеристики влияющих величин: наименьшее ξ_{Hj} и наибольшее ξ_{Bj} значения влияющей величины, соответствующие реальным условиям эксплуатации АСИ.

3.1.3. Относительное падение напряжения δU_{kki} в контрольном кабеле от измерительного трансформатора напряжения до измерительного преобразователя.

3.1.4. Значения номинального первичного тока $I_{ном_i}$ и напряжения $U_{ном_i}$ измерительных трансформаторов тока и напряжения.

3.1.5. Диапазон измерения преобразователей активной мощности $P_{шк_i}$, реактивной мощности $Q_{шк_i}$, тока $I_{шк}$ и напряжения $U_{шк}$.

3.2. Для расчета второго комплекса МХ КТИ необходимы следующие исходные данные:

3.2.1. Нормируемые МХ АСИ:

$M_i[\Delta_{S0}]$ – математическое ожидание систематической составляющей основной погрешности АСИ;

$\sigma[\Delta_{S0}]$ – СКО систематической составляющей основной погрешности АСИ;

$\sigma[\dot{\Delta}]$ – предел допустимого СКО случайной составляющей основной погрешности АСИ;

H_i – предел допустимой вариации АСИ при нормальных условиях;

M_i – номинальная цена единицы наименьшего разряда кода цифрового АСИ;

$\Psi_{Si}(\xi_j)$– номинальная функция влияния на систематическую составляющую погрешности АСИ;

K_{Sij} – номинальный коэффициент влияния j-й влияющей величины на систематическую составляющую погрешности i-го АСИ;

$\Psi_{\sigma i}(\xi_j)$– номинальная функция влияния на СКО случайной составляющей погрешности АСИ;

$\Psi_{Hi}(\xi_j)$– номинальная функция влияния на вариацию АСИ.

3.2.2. Характеристики влияющих величин:

математическое ожидание влияющих величин $M_i[\xi_j]$;

наибольшее ξ_{Bj} и наименьшее ξ_{Hj} значения влияющей величины.

3.2.3. Относительное падение напряжения δU_{KK_i} в контрольном кабеле от измерительного трансформатора напряжения до измерительного преобразователя.

3.2.4. Значения номинального первичного тока $I_{ном_i}$ и напряжения $U_{ном_i}$ измерительных трансформаторов тока и напряжения.

3.2.5. Диапазон измерения преобразователей активной мощности $P_{шк}$, реактивной мощности $Q_{шк}$, тока $I_{шк}$ и напряжения $U_{шк}$.

4. РАСЧЕТ ПЕРВОГО КОМПЛЕКСА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Нижняя и верхняя границы интервала, в котором с заданной вероятностью P находится погрешность КТИ, при нормальных условиях (НУ) эксплуатации АСИ определяются по формулам:

$$\Delta_{HНУ} = M[\Delta_{НУ}] - K\sigma[\Delta_{НУ}] \; ; \qquad (4.1)$$

$$\Delta_{BНУ} = M[\Delta_{НУ}] + K\sigma[\Delta_{НУ}] \; , \qquad (4.2)$$

где $M[\Delta_{НУ}]$ – математическое ожидание систематической составляющей суммарной погрешности КТИ при НУ эксплуатации АСИ;

K – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P;

$\sigma[\Delta_{НУ}]$ – СКО суммарной погрешности КТИ при НУ эксплуатации АСИ.

4.2. В исходных данных (п.3.1) нет информации о систематической составляющей АСИ, поэтому математическое ожидание $M_i[\Delta_{НУ}]$ i-го АСИ принимаем $M_i[\Delta_{НУ}] = 0$.

Таким образом, математическое ожидание суммарной погрешности КТИ определяется практически только падением напряжения в контрольном кабеле.

4.2.1. Для КТИ активной мощности

$$M[\Delta_{ну}] = -0{,}01 \sum_{i=1}^{n} \delta U_{кк_i} P_{шк_i}, \qquad (4.3)$$

где n – количество измерительных преобразователей мощности;

$\delta U_{кк_i}$ – относительное падение напряжения в контрольном кабеле от i-го трансформатора напряжения до i-го измерительного преобразователя, %;

$P_{шк_i}$ – диапазон шкалы i-го измерительного преобразователя.

4.2.2. Для КТИ напряжения

$$M[\Delta_{ну}] = -0{,}01 \delta U_{кк_i} U_{шк}, \qquad (4.4)$$

где $U_{шк}$ – диапазон шкалы преобразователя напряжения.

4.2.3. При проектировании КТИ принимается

$$\delta U_{кк_i} = 0{,}5\%.$$

4.3. При суммировании большого количества ($n \geqslant 4$) независимых погрешностей, распределенных по различным законам, распределение суммарной погрешности приближается к нормальному, поэтому для расчета по формулам (4.1, 4.2, 4.10, 4.11) принимаем $K = 1{,}96$ для $P = 0{,}95$.

Для других значений P следует пользоваться значениями коэффициента Стьюдента для нормального закона распределения.

4.4. Для расчета СКО суммарной погрешности КТИ принято допущение, что погрешности АСИ, для которых МХ нормированы без разделения на систематическую и случайную составляющие, являются случайными величинами, распределенными по закону равномерной плотности. В этом случае СКО погрешности АСИ рассчитываются следующим образом:

4.4.1. Среднее квадратическое отклонение погрешности измерительных преобразователей, сумматоров, усилителей постоянного тока, устройства телемеханики и ЭВМ определяется по формуле

$$\sigma_i[\Delta_{ну}] = 0{,}01\frac{\Delta_i}{K_p}\cdot P_{шк_i}\ , \qquad (4.5)$$

где Δ_i – основная приведенная погрешность АСИ, %;

K_p – коэффициент, определяемый равномерным законом распределения плотности;

$P_{шк_i}$ – диапазон шкалы i-го АСИ в единицах измеряемого параметра.

Для доверительной вероятности $P = 1$, $K_p = \sqrt{3} = 1{,}7$.

Для КТИ реверсивной мощности $P_{шк}$ удваивается по абсолютному значению.

4.4.2. Среднее квадратическое отклонение погрешности $\sigma_{ИТ_i}[\Delta_{ну}]$ измерительных трансформаторов тока и напряжения определяется по формуле

$$\sigma_{ИТ_i}[\Delta_{ну}] = 0{,}01\sqrt{\frac{\Delta^2_{ТТ_i} + \Delta^2_{ТН_i} + K_\varphi\left(f^2_{ТТ_i} + f^2_{ТН_i}\right)}{3}}\cdot P_{ном_i}\ , \qquad (4.6)$$

где $\Delta_{ТТ_i}$ – предел допустимой токовой погрешности измерительного трансформатора тока, %;

$\Delta_{ТН_i}$ – предел допустимой погрешности напряжения измерительного трансформатора напряжения, %;

K_φ – коэффициент, определяемый $\cos\varphi$;

$f_{ТТ_i}$ – предел допустимой угловой погрешности измерительного трансформатора тока, срад ;

$f_{ТН_i}$ – предел допустимой угловой погрешности измерительного трансформатора напряжения, срад ;

$P_{ном_i}$ – номинальная по коэффициенту трансформации мощность в единицах измеряемой величины.

4.4.3. Для КТИ активной мощности $K_\varphi = \frac{1-\cos^2\varphi}{\cos^2\varphi}$.
Для $\cos\varphi = 0{,}8$ $K_\varphi = 0{,}6$.

4.4.4. Для КТИ реактивной мощности $K_\varphi = \frac{\cos^2\varphi}{1-\cos^2\varphi}$.
Для $\cos\varphi = 0{,}8$ $K_\varphi = 1{,}8$.

4.4.5. Для трехфазных цепей измерения мощности

$$P_{ном_i} = \sqrt{3}\cdot U_{ном_i}\cdot I_{ном_i}\ , \qquad (4.7)$$

где $U_{ном_i}$ - номинальное первичное напряжение измерительного трансформатора напряжения, В;

$I_{ном_i}$ - номинальный первичный ток измерительного трансформатора тока, А.

4.4.6. Для однофазных цепей измерения мощности

$$P_{ном_i} = U_{ном_i} \; I_{ном_i} \quad . \tag{4.8}$$

4.5. Среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности КТИ в НУ эксплуатации определяется по формуле

$$\sigma[\Delta_{ну}] = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\sigma^2_{ип_i}[\Delta_{ну}] + \sigma^2_{ип_i}[\Delta_{ну}]) + \sum_{j=1}^{m}\sigma^2_{пс_j}[\Delta_{ну}] + \sigma^2_{ус}[\Delta_{ну}] + \sigma^2_{тм}[\Delta_{ну}] + \sigma^2_{эвм}[\Delta_{ну}]}\,, \tag{4.9}$$

где n – количество измерительных преобразователей мощности;

$\sigma_{ип_i}[\Delta_{ну}]$ – СКО измерительного преобразователя;

m – количество суммирующих преобразователей;

$\sigma_{пс_j}[\Delta_{ну}]$ – СКО погрешности суммирующего преобразователя;

$\sigma_{ус}[\Delta_{ну}]$ – СКО погрешности усилителя постоянного тока;

$\sigma_{тм}[\Delta_{ну}]$ – СКО погрешности устройства телемеханики;

$\sigma_{эвм}[\Delta_{ну}]$ – СКО погрешности ЭВМ.

4.6. Нижняя $\Delta_н$ и верхняя $\Delta_в$ границы интервала, в котором с заданной вероятностью P находится суммарная погрешность КТИ, определяются по формулам:

$$\Delta_н = M[\Delta] - K\sigma[\Delta] \quad ; \tag{4.10}$$

$$\Delta_в = M[\Delta] + K\sigma[\Delta] \, , \tag{4.11}$$

где $M[\Delta]$ - математическое ожидание суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации;

$\sigma[\Delta]$ - СКО суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации.

4.7. Полагаем, что изменение сопротивления контрольного кабеля от изменения внешних влияющих факторов является несущественным, поэтому

$$M[\Delta] = M[\Delta_{ну}] \ .$$

4.8. Среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации определяется по формуле

$$\sigma[\Delta] = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\sigma^2_{ит_i}[\Delta] + \sigma^2_{ип_i}[\Delta]) + \sum_{j=1}^{m}\sigma^2_{ис_j}[\Delta] + \sigma^2_{ус}[\Delta] + \sigma^2_{тм}[\Delta] + \sigma^2_{эвм}[\Delta]}, \quad (4.12)$$

где $\sigma_{ип_i}[\Delta]$ - СКО погрешности измерительного преобразователя в реальных условиях эксплуатации;

$\sigma_{пс_j}[\Delta]$ - СКО погрешности суммирующего преобразователя в реальных условиях эксплуатации;

$\sigma_{ус}[\Delta]$ - СКО погрешности усилителя в реальных условиях эксплуатации;

$\sigma_{тм}[\Delta]$ - СКО погрешности устройства телемеханики в реальных условиях эксплуатации.

4.9. Среднее квадратическое отклонение погрешности измерительного преобразователя, суммирующего преобразователя, усилителя и устройства телемеханики определяется по формуле

$$\sigma_i[\Delta] = \sqrt{\sigma_i^2[\Delta_{ну}] + \sum_{j=1}^{\ell}\sigma_i^2(\varepsilon_j)} \ , \quad (4.13)$$

где $\sigma_i[\Delta_{ну}]$ - определяется по формуле (4.5);

ℓ - количество существенных влияющих факторов, для которых нормированы изменения МХ АСИ;

$\sigma_i(\varepsilon_j)$ - дополнительная погрешность i-го АСИ, вызванная j-й влияющей величиной.

4.10. Среднее квадратическое отклонение дополнительной погрешности определяется по формуле

$$\sigma_i(\varepsilon_j) = 0{,}01 \cdot \frac{\varepsilon_{ij}}{1{,}7} \cdot p_{шк_i} K_{ij} \ , \quad (4.14)$$

где ε_{ij} - наибольшее допустимое изменение погрешности i-го АСИ от изменения j-й влияющей величины, %;

K_{ij} - коэффициент, учитывающий воздействие j-й влияющей величины на i-е АСИ.

4.11. Для линейной функции влияния коэффициент K_{ij} определяется по формуле

$$K_{ij} = \frac{|\xi_j - \xi_{0j}|}{\Delta\xi_j} \quad , \qquad (4.15)$$

где ξ_j - наибольшее значение влияющей величины в реальных условиях;

ξ_{0j} - нормальное значение j-й влияющей величины;

$\Delta\xi_j$ - диапазон изменения влияющей величины, для которого нормирована ξ_{ij}.

4.12. Для ступенчатой функции влияния коэффициент K_{ij} определяется по формуле

$$K_{ij} = \begin{cases} 0 \text{ при } \xi_j = \xi_{0j} \\ 1 \text{ при } \xi_j \neq \xi_{0j} \end{cases} \quad , \qquad (4.16)$$

где ξ_j - значение влияющей величины, в реальных условиях.

4.13. Дополнительные погрешности принимаются существенными при соблюдении неравенства

$$K_{ij}\,\varepsilon_{ij} \geqslant 0{,}17\,\Delta_i \quad . \qquad (4.17)$$

5. РАСЧЕТ ВТОРОГО КОМПЛЕКСА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Границы интервала, в котором с заданной вероятностью P находится погрешность КТИ в реальных условиях эксплуатации, рассчитываются по формулам:

$$\Delta_H = M[\Delta] - K\sigma[\Delta] \; ; \qquad (5.1)$$

$$\Delta_B = M[\Delta] + K\sigma[\Delta] , \qquad (5.2)$$

где $M[\Delta]$ – математическое ожидание суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации;

K – коэффициент, определяемый заданной доверительной вероятностью; выбирается в соответствии с п.4.3 Методики;

$\sigma[\Delta]$ – СКО суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации.

5.2. Математическое ожидание суммарной погрешности КТИ определяется по формуле

$$M[\Delta] = \sum_{i=1}^{K} M[\Delta_i] - 0{,}01 \sum_{i=1}^{n} \delta U_{KK_i} P_{шK_i} , \qquad (5.3)$$

где K – количество АСИ КТИ;

n – количество измерительных преобразователей мощности.

5.3. Математическое ожидание погрешности АСИ определяется по формуле

$$M[\Delta_i] = M[\Delta_{0S_i}] + \sum_{j=1}^{m} M[\Psi_{Si}(\xi_i)] , \qquad (5.4)$$

где $M[\Delta_{0S_i}]$ – математическое ожидание систематической составляющей погрешности i-го АСИ;

m – количество влияющих величин, существенных для i-го АСИ;

$M[\Psi_{S_i}(\xi_{ij})]$ – математическое ожидание j-й функции влияния на систематическую составляющую погрешности i-го АСИ. Если для АСИ нормирован предел Δ_{0S_i} допустимых значений систематической составляющей основной погрешности без указания $M[\Delta_{0S_i}]$, то для расчетов пользуются предположением

$$M[\Delta_{0S_i}] = 0.$$

5.4. Для линейных функций влияния математическое ожидание рассчитывается по формуле

$$M[\Psi_{Si}(\xi_j)] = K_{Si,j}(M[\xi_j] - \xi_{0j}) \ , \qquad (5.5)$$

где $K_{Si,j}$ - номинальный коэффициент влияния j-й влияющей величины на систематическую составляющую погрешности i-го АСИ;

$M[\xi_j]$ - математическое ожидание j-й влияющей величины.

5.5. Для ступенчатых функций влияния математическое ожидание рассчитывается по формуле

$$M[\Psi_{Si}(\xi_j)] = 0 \qquad (5.6)$$

при $\xi_j \neq \xi_{0j}$.

5.6. При проектировании КТИ в случае, если нет оснований выделить области предпочтительных значений влияющей величины, $M[\xi_j]$ рассчитывается по формуле

$$M[\xi_j] = 0{,}5(\xi_{Hj} + \xi_{Bj}) \ . \qquad (5.7)$$

5.7. СКО суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации определяется по формуле

$$\sigma[\Delta] = \sqrt{D[\Delta]} \ , \qquad (5.8)$$

где $D[\Delta]$ - дисперсия суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации.

5.8. $D[\Delta]$ определяется по формуле

$$D[\Delta] = \sum_{i=1}^{k} D_i[\Delta] + \sum_{i=1}^{n} \sigma^2_{HT_i}[\Delta] \ , \qquad (5.9)$$

где $D_i[\Delta]$ - дисперсия i-го АСИ в реальных условиях эксплуатации;

$\sigma_{HT_i}[\Delta]$ - рассчитывается по формуле (4.6).

5.9. Дисперсия i-го АСИ в реальных условиях эксплуатации определяется по формуле

$$D_i[\Delta] = \sigma_i^2[\Delta_{0S}] + \sum_{j=1}^{m} D[\Psi_{Si}(\xi_j)] + \\ + \left(\sigma_i[\dot{\Delta}] + \sum_{j=1}^{e} \Psi_{\dot{\sigma}i}(\xi_j)\right)^2 + \frac{1}{12}\left[H_i + \sum_{j=1}^{k} \Psi_{H_i}(\xi_j)\right]^2 + \frac{M_i^2}{12} \ , \qquad (5.10)$$

где $\sigma_i[\Delta_{0S}]$ - СКО систематической составляющей погрешности i-го АСИ;

$D[\Psi_{Si}(\xi_j)]$ - дисперсия j-й функции влияния на систематическую составляющую погрешности i-го АСИ;

$\sigma_i[\Delta]$ - предел допустимого СКО случайной составляющей i-го АСИ;

$\Psi_{\sigma i}(\xi_j)$ - функция влияния j-й влияющей величины на СКО i-го АСИ;

$H_i(\xi_j)$ - предел допустимой вариации i-го АСИ при нормальных условиях;

$\Psi_{Hi}(\xi_j)$ - функция влияния j-й влияющей величины на вариацию i-го АСИ;

μ_i - номинальная цена единицы наименьшего разряда кода.

Суммирование осуществляется для m, ℓ и k существенных влияющих величин, для которых нормированы МХ

$$\Psi_{Si}(\xi_j)\ j=1,2...m,\ \Psi_{\sigma i}(\xi_j)\ j=1,2...\ell\ ,\ \Psi_{Hi}(\xi_j)\ j=1,2...k\ .$$

5.10. Для линейных функций влияния

$$\Psi_i(\xi_j)=K_{Si\,j}(\xi_j-\xi_{0j}) \qquad (5.11)$$

значение $D[\Psi_i(\xi_i)]$ вычисляется по формуле

$$D[\Psi_i(\xi_i)]=\sigma^2(\xi_j)K_{ij}^2\ , \qquad (5.12)$$

где $\sigma(\xi_j)$ - СКО j-й влияющей величины;

K_{ij} - номинальный коэффициент влияния j-влияющей величины на погрешность i-го АСИ.

5.11. Для ступенчатых функций влияния

$$\Psi_{Si}(\xi_j)=(\xi_j-\xi_{0j})K_{ijS}\ , \qquad (5.13)$$

где K_{ijS} определяется по формуле (4.16).

Значение $D[\Psi_i(\xi_i)]$ вычисляется по формуле

$$D[\Psi_i(\xi_i)]=(\xi_j-\xi_{0j})^2\ . \qquad (5.14)$$

5.12. При проектировании КТИ в случае, если нет основания выделить область предпочтительного значения влияющей величины. СКО влияющей величины определяется по формуле

$$\sigma(\xi_j) = \frac{\xi_{Bj} - \xi_{Hj}}{2\sqrt{3}}. \qquad (5.15)$$

6. ФОРМЫ ВЫРАЖЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Метрологические характеристики КТИ, перечисленные в разд.2, должны выражаться в виде характеристик абсолютной величины измеряемого параметра, при этом они должны указываться в единицах измеряемой величины. Результаты расчета МХ КТИ приводятся в таблице с указанием доверительной вероятности Р.

6.2. В приложении 2 приведен пример расчета МХ КТИ суммарной мощности ТЭЦ по МХ АСИ.

Приложение 1
Справочное

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МЕТОДИКЕ

Термины	Определения
Канал телеизмерений	Функционально объединенная совокупность средств измерений, по которой проходит один последовательно преобразуемый информативный сигнал, выполняющая законченную функцию измерений
Система телеизмерений	Совокупность технических средств измерений, функционально объединенных в КТИ постоянной или переменной структуры, предназначенных для получения, передачи и отображения информации об измеряемых параметрах

Окончание приложения 1

Термины	Определения
Агрегатное средство измерений	Техническое средство или конструктивно законченная совокупность технических средств с нормированными метрологическими характеристиками и всеми необходимыми видами совместимости в составе КТИ
Метрологическая характеристика средств измерений	По ГОСТ 8.009-84

Приложение 2
Справочное

ПРИМЕР РАСЧЕТА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЙ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ ТЭЦ

В качестве примера выполнен расчет МХ КТИ суммарной мощности ТЭЦ по МХ АСИ.

1. Исходные данные

1.1. Номинальные значения электрических параметров ТЭЦ приведены в табл.П2.1.

Таблица П2.1

Технические характеристики вторичных цепей ТЭЦ

Наименование	Номинальный первичный ток $I_{ном}$, А	Номинальное первичное напряжение $U_{ном}$, В	Относительное падение напряжения во вторичных цепях ТН, %	Номинальная мощность по коэффициенту трансформации $P_{ном}$, МВт	Номинальная мощность генератора $P_г$, МВт
ТГ-1	4000	6000	0,25	41,6	30
ТГ-2	4000	6000	0,20	41,6	20

Окончание таблицы П2.1

Наименование	Номинальный первичный ток $I_{ном}$, А	Номинальное первичное напряжение $U_{ном}$, В	Относительное падение напряжения во вторичных цепях ТН, %	Номинальная мощность по коэффициенту трансформации $P_{ном}$, МВт	Номинальная мощность генератора $P_{г}$, МВт
ТГ-3	8000	6000	0,25	83,1	60
ТГ-4	5000	10000	0,30	86,6	50
Блок № 1	8000	18000	0,40	249,4	165
Блок № 2	8000	18000	0,50	249,4	165
Блок № 3	8000	18000	0,45	249,4	165
Блок № 4	8000	18000	0,50	249,4	165

Примечание. Значение $P_{ном}$ рассчитано по формуле (4.7).

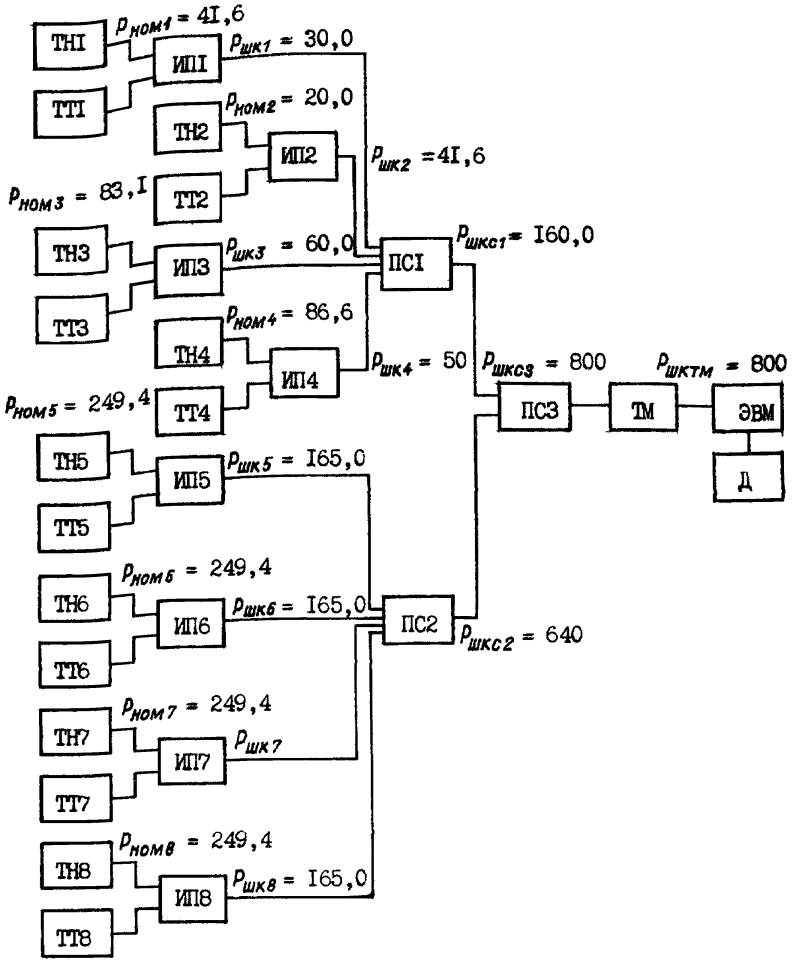
1.2. Структурная схема КТИ мощности приведена на рисунке.

1.3. Диапазон шкалы измерительного преобразователя $P_{шк_i}$ соответствует номинальной мощности генератора $P_{г.i}$, т.е. $P_{шк_i} = P_{г.i}$

1.4. Диапазон полной шкалы суммирующего преобразователя P определяется по формуле $P_{пс.j} = \sum_{i=1}^{n} P_{шк.i}$,

где n – количество задействованных входов суммирующего преобразователя.

1.5. Канал телеизмерений суммарной мощности ТЭЦ состоит из АСИ, для которых в НТД нормируется основная погрешность и наибольшие допустимые изменения ее, вызванные изменением влияющих величин. Метрологические характеристики АСИ, входящих в КТИ, приведены в табл.П2.2.



Структурная схема КТИ суммарной мощности ТЭС:

ТН - измерительный трансформатор напряжения; ТТ - измерительный трансформатор тока; ИП - измерительный преобразователь; ПС - суммирующий преобразователь; ТМ - устройство телемеханики; ЭВМ - электронная вычислительная машина; Д - дисплей

I.6. Условия эксплуатации АСИ:

I.6.I. Измерительные и суммирующие преобразователи находятся в помещениях, где не производится конденционирование воздуха, т.е. в условиях, значительно отличающихся от нормальных:

температура окружающего воздуха $20^{o}C^{+15}_{-5}$;

относительная влажность воздуха $60\%^{+30}_{-40}$;

атмосферное давление I0I кПа $\pm$I0.

I.6.2. Устройства телемеханики и ЭВМ располагаются в кондиционируемых помещениях, т.е. приближенных к нормальным:

температура окружающего воздуха $20^{o}C^{+5}_{-5}$;

относительная влажность воздуха $60\%^{+20}_{-20}$;

атмосферное давление I0I кПа$\pm$I0.

I.6.3. Нормы качества измеряемой электрической энергии и напряжения питания устройства телемеханики и ЭВМ соответствуют требованиям ГОСТ I3.I09-67:

отклонение частоты сети переменного тока $\pm$0,I Гц;

отклонение номинального напряжения $\pm$5%;

изменение формы кривой тока и напряжения не превышает 2%.

Таблица П2.2

Метрологические характеристики АСИ, входящих в КТИ

Наименование АСИ	Предел допустимого значения основной погрешности		Предел допустимого значения дополнительной погрешности			Примечание
			Влияющий фактор	Диапазон изменения	Значение, %	
	Δ_i %	f_i *срад*				
Измерительный трансформатор тока	±0,5	±0,9				По ГОСТ 7746-78 при первичном токе 100% номинального
Измерительный трансформатор напряжения	±0,5	±0,6				По ГОСТ 1983-77
Измерительный преобразователь активной мощности трехфазного тока Е748/1	±0,5		Изменение температуры окружающего воздуха	От -10 до +50°С	±0,5	На каждые 10°С при отклонении температуры от (20±2) °С
			Отклонение напряжения измеряемой цепи	±20%	±0,5	-
			Отклонение частоты измеряемой цепи	45-55 Гц	±0,25	При отклонении частоты от 50 Гц
			Изменение формы кривой тока и напряжения	От 0 до 20%	±0,5	-
			Внешнее однородное магнитное поле индукции	От 0 до 0,5 мТ	±0,5	-

Преобразователь суммирующих аналоговых сигналов постоянного тока Е831/1	±1,0		Изменение температуры окружающего воздуха	От -30 до +50	±1,0	На каждые 10°С при отклонении температуры от (20±5)°С
			Отклонение напряжения измеряемой цепи	±20%	±0,5	-
			Отклонение частоты измеряемой цепи	45-65 Гц	±0,5	При отклонении частоты от 50 или 60 Гц
			Изменение формы кривой тока и напряжения	От 0 до 20%	±0,5	-
			Напряженность внешнего однородного магнитного поля	От 0 до 400 А/м	±0,5	-
Устройство телемеханики ТМ-512	±0,6		Отклонение напряжения питания от номинального	От +10 до -15%	±0,3	При цифровом воспроизведении измеряемого параметра
Электронно-вычислительная машина СМ-2М (алгоритм масштабирования)	±0,1					-

2. Выбор комплекса МХ КТИ

В НТД на АСИ нормированы основная погрешность и наибольшие допустимые изменения ее, вызванные влияющими величинами, поэтому выбираем первый комплекс МХ КТИ.

3. Расчет верхней $\Delta_{в_{НУ}}$ и нижней $\Delta_{н_{НУ}}$ границ доверительного интервала суммарной погрешности КТИ для нормальных условий эксплуатации АСИ

3.1. По формуле (4.3) определяем математическое ожидание погрешности КТИ при НУ:

$$M[\Delta_{НУ}] = -0,01\,(\,0,25 \times 30 + 0,20 \times 20 + 0,25 \times 60 + 0,30 \times 50 + 0,40 \times 165 + 0,50 \times 165 + 0,45 \times 165 + 0,50 \times 165) =$$

$$= -3,47 \text{ МВт}.$$

3.2. По формуле (4.6) рассчитываем $\sigma_{ИТi}[\Delta_{НУ}]$ для $\cos\varphi = 0,8$. При этом согласно п.4.4.3 $K_{\varphi} = 0,6$.

$$\sigma_{ИТ1}[\Delta_{НУ}] = 0,01 \times 41,6 \sqrt{\frac{0,5^2 + 0,5^2 + 0,6\,(0,9^2 + 0,6^2)}{3}} =$$

$$= 0,26 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИТ2}[\Delta_{НУ}] = 0,01 \times 41,6 \sqrt{\frac{0,5^2 + 0,5^2 + 0,6\,(0,9^2 + 0,6^2)}{3}} =$$

$$= 0,26 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИТ3}[\Delta_{НУ}] = 0,01 \times 83,1 \sqrt{\frac{0,5^2 + 0,5^2 + 0,6\,(0,9^2 + 0,6^2)}{3}} =$$

$$= 0,53 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИТ4}[\Delta_{НУ}] = 0,01 \times 86,6 \sqrt{\frac{0,5^2 + 0,5^2 + 0,6\,(0,9 + 0,6^2)}{3}} =$$

$$= 0,55 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ит5\text{-}8}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times 249{,}4 \sqrt{\frac{0{,}5^2 + 0{,}5^2 + 0{,}6\,(0{,}9^2 + 0{,}6^2)}{3}} =$$

$= 1{,}58$ МВт.

3.3. По формуле (4.5) рассчитываем $\sigma_{ипj}[\Delta_{ну}], \sigma_{псj}[\Delta_{ну}]$, при этом принимаем $K_p = 1{,}7$:

$$\sigma_{ип1}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{0{,}5}{1{,}7} \times 30 = 0{,}09 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип2}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{0{,}5}{1{,}7} \times 20 = 0{,}06 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип3}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{0{,}5}{1{,}7} \times 60 = 0{,}17 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип4}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{0{,}5}{1{,}7} \times 50 = 0{,}15 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип5\text{-}8}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{0{,}5}{1{,}7} \times 165 = 0{,}49 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{пс1}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{1{,}0}{1{,}7} \times 160 = 0{,}94 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{пс2}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{1{,}0}{1{,}7} \times 640 = 3{,}76 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{пс3}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{1{,}0}{1{,}7} \times 800 = 4{,}71 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{тм}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{0{,}6}{1{,}7} \times 800 = 2{,}82 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{эвм}[\Delta_{ну}] = 0{,}01 \times \frac{0{,}1}{1{,}7} \times 800 = 0{,}47 \text{ МВт}.$$

3.4. По формуле (4.9) рассчитываем СКО суммарной погрешности при НУ, при этом считаем $\sigma_{ус}[\Delta_{ну}] = 0$:

$$\sigma[\Delta_{ну}] = \sqrt{0,26^2 + 0,26^2 + 0,53^2 + 0,55^2 + 0,09^2 + 0,06^2 + 0,17^2 + 0,15^2 + 4 \times 0,49^2 + 0,94^2 + 3,76^2 + 4,71^2 + 2,82^2 + 0,47^2} = 7,49 \text{ МВт}.$$

3.5. По формулам (4.1) и (4.2) определяем границы интервала для $P = 0,95$, $K = 1,96$:

$$\Delta_{Н\,ну} = -3,47 - 1,96 \times 7,49 = -18,15 \text{ МВт};$$

$$\Delta_{В\,ну} = -3,47 + 1,96 \times 7,49 = 11,21 \text{ МВт}.$$

3.6. Приведенная погрешность границ интервала составляет:

$$\sigma_{Н\,ну} = -\frac{18,15}{800} \times 100 = -2,27\%;$$

$$\sigma_{В\,ну} = \frac{11,21}{800} \times 100 = 1,40\%.$$

4. Расчет верхней $\Delta_В$ и нижней $\Delta_Н$ границ доверительного интервала суммарной погрешности для рабочих условий эксплуатации АСИ

4.1. Определяем существенные влияющие величины для АСИ, входящих в состав КТИ.

4.1.1. Наибольшее влияние на погрешность измерительного преобразователя оказывают отклонение температуры окружающего воздуха от $(20 \pm 2)^{\circ}C$ и отклонение напряжения измеряемой цепи от номинального. Дополнительная погрешность, обусловленная другими влияющими величинами, несущественна, так как диапазон изменения этих влияющих величин (частота сети, напряженность магнитного поля, отклонение формы кривой тока и напряжения и т.д.) в реальных условиях эксплуатации значительно меньше диапазона, нормируемого в НТД на измерительный преобразователь. Это положение

является справедливым и для других АСИ КТИ (суммирующий преобразователь, устройство телемеханики).

Коэффициент влияния температуры на измерительный преобразователь определяем по формуле (4.15), при этом получаем t_{max}= 35°С, Δt = 10°С:

$$K_{ИП_t} = \frac{(35 - 22)}{10} = 1,3.$$

Проверяем, выполняется ли условие (4.16)

$$1,3 \times 0,5 > 0,17 \times 0,5 .$$

По формуле (4.15) определяем коэффициент, учитывающий влияние отклонения напряжения от номинального:

$$K_{ИП_U} = \frac{5\%}{20\%} = 0,25.$$

Проверяем, выполняется ли условие (4.16)

$$0,25 \times 0,5 > 0,17 \times 0,5.$$

Условие выполняется, поэтому отклонение напряжения от номинального считаем существенной влияющей величиной.

4.1.2. Для суммирующего преобразователя определяем $K_{ПС_t}$ по формуле (4.15):

$$K_{ПС_t} = \frac{(35-25)}{10} = 1,0.$$

Условие (4.16) выполняется

$$1,0 \times 1,0 > 0,17 \times 1,0,$$

поэтому отклонение температуры от НУ является существенной величиной.

По формуле (4.15) определяем коэффициент, учитывающий влияние отклонения напряжения от номинального:

$$K_{ПС_U} = \frac{5\%}{20\%} = 0,25;$$

0,25 x 0,5 < 0,17 x 1,0 - условие не выполняется, поэтому отклонение напряжения питания от номинального в пределах 5% является несущественной величиной для суммирующего преобразователя.

4.1.3. Для устройства телемеханики определяем:

$$K_{TM_U} = \frac{5\%}{10\%} = 0,5;$$

0,5 x 0,3 > 0,17 x 0,6 - условие выполняется, поэтому дополнительная погрешность существенна.

4.2. По формуле (4.14) определяем дополнительные погрешности измерительных преобразователей:

$$\sigma_{ИП1}(\varepsilon_t) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 30 \times 1,3 = 0,11 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП1}(\varepsilon_u) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 30 \times 0,25 = 0,03 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП2}(\varepsilon_t) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 20 \times 1,3 = 0,08 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП2}(\varepsilon_u) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 20 \times 0,25 = 0,02 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП3}(\varepsilon_t) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 60 \times 1,3 = 0,23 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП3}(\varepsilon_u) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 60 \times 0,25 = 0,06 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП4}(\varepsilon_t) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 50 \times 1,3 = 0,19 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП4}(\varepsilon_u) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 50 \times 0,25 = 0,05 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП5\text{-}В}(\varepsilon_t) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 165 \times 1,3 = 0,63 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ИП5\text{-}В}(\varepsilon_u) = 0,01 \frac{0,5}{1,7} \times 165 \times 0,25 = 0,16 \text{ МВт}.$$

4.3. По формуле (4.13) определяем:

$$\sigma_{ип1}[\Delta] = \sqrt{0{,}09^2 + 0{,}11^2 + 0{,}03^2} = 0{,}15 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип2}[\Delta] = \sqrt{0{,}06^2 + 0{,}08^2 + 0{,}02^2} = 0{,}10 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип3}[\Delta] = \sqrt{0{,}17^2 + 0{,}33^2 + 0{,}06^2} = 0{,}29 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип4}[\Delta] = \sqrt{0{,}15^2 + 0{,}19^2 + 0{,}05^2} = 0{,}25 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{ип5\text{-}8}[\Delta] = \sqrt{0{,}49^2 + 0{,}63^2 + 0{,}16^2} = 0{,}81 \text{ МВт}.$$

4.4. По формуле (4.14) определяем дополнительные погрешности суммирующих преобразователей:

$$\sigma_{пс1}(\varepsilon_t) = 0{,}01 \times \frac{1{,}0}{1{,}7} \times 160 = 0{,}94 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{пс2}(\varepsilon_t) = 0{,}01 \times \frac{1{,}0}{1{,}7} \times 640 = 3{,}76 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{пс3}(\varepsilon_t) = 0{,}01 \times \frac{1{,}0}{1{,}7} \times 800 = 4{,}71 \text{ МВт}.$$

4.5. По формуле (4.13) определяем:

$$\sigma_{пс1}[\Delta] = \sqrt{0{,}94^2 + 0{,}94^2} = 1{,}33 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{пс2}[\Delta] = \sqrt{3{,}76^2 + 3{,}76^2} = 5{,}30 \text{ МВт};$$

$$\sigma_{пс3}[\Delta] = \sqrt{4{,}71^2 + 4{,}71^2} = 6{,}64 \text{ МВт}.$$

4.6. По формуле (4.14) определяем дополнительную погрешность устройства телемеханики:

$$\sigma_{тм}(\varepsilon_u) = 0{,}01 \times \frac{0{,}3}{1{,}7} \times 0{,}5 \times 800 = 0{,}71 \text{ МВт}.$$

4.7. По формуле (4.13) определяем:

$$\sigma_{тм}[\Delta] = \sqrt{2{,}82^2 + 0{,}71^2} = 2{,}91 \text{ МВт}.$$

4.8. По формуле (4.12) определяем СКО суммарной погрешности КТИ в реальных условиях эксплуатации:

$$\sigma[\Delta] = \sqrt{0,26^2 + 0,26^2 + 0,53^2 + 0,55^2 + 4 \times 1,58^2 + 0,15^2 + \ldots}$$

$$\ldots + 0,10^2 + 0,29^2 + 0,25^2 + 4 \times 0,81^2 + 1,33^2 + 5,30^2 + 6,64^2 + \ldots$$

$$\ldots + 2,91^2 + 0,47^2} = 9,81 \text{ МВт}.$$

4.9. По формулам (4.10), (4.11) определяем доверительные границы интервала, в котором с $P = 0,95$ находится суммарная погрешность КТИ мощности, при этом полагаем $M[\Delta_{ну}] = M[\Delta]$:

$$\Delta_н = -3,47 - 1,96 \times 9,81 = -22,70 \text{ МВт};$$

$$\Delta_в = -3,47 + 1,96 \times 9,81 = 15,75 \text{ МВт}.$$

4.10. Приведенная погрешность границ интервала:

$$\delta_н = \frac{-22,70}{800} \times 100 = -2,84\%;$$

$$\delta_в = \frac{15,75}{800} \times 100 = 1,97\%.$$

5. Результаты расчета МХ КТИ суммарной мощности ТЭЦ приведены в табл.П2.3.

Таблица П2.3

Метрологические характеристики КТИ суммарной мощности ТЭЦ

$P = 0,95$	
$\Delta_{н_{ну}}$ МВт	-18,1
$\Delta_{в_{ну}}$ МВт	11,21
$\Delta_н$ МВт	-22,7
$\Delta_в$ МВт	15,8

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Общие положения 3
2. Выбор комплекса метрологических характеристик каналов телеизмерений 4
3. Исходные данные для расчета метрологических характеристик каналов телеизмерений 4
4. Расчет первого комплекса метрологических характеристик каналов телеизмерений 6
5. Расчет второго комплекса метрологических характеристик каналов телеизмерений II
6. Формы выражения метрологических характеристик каналов телеизмерений I5

П р и л о ж е н и е 1. Определения терминов, используемых в Методике I5

П р и л о ж е н и е 2. Пример расчета метрологических характеристик каналов телеизмерений суммарной мощности ТЭЦ I6

Литературный редактор А.А.Шиканян
Технический редактор Е.Н.Бевза
Корректор В.Д.Алексеева

Подписано к печати 25.05.89 Формат 60х84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л.1,63 Уч.-изд.л. 1,5 Тираж 500 экз.
Заказ № Издат. № 69580

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