



Работа заземляемых трансформаторов напряжения ЗНОЛ(П)-НТЗ при постоянной нагрузке на дополнительной вторичной обмотке. Влияние взаимной нагрузки вторичных обмоток на метрологические характеристики

Заземляемые однофазные трансформаторы напряжения ЗНОЛ(П)-НТЗ (именуемые в дальнейшем трансформаторы) применяются в сетях с изолированной нейтралью.

Трансформаторы могут быть выполнены с одной или двумя основными вторичными обмотками, предназначенными для измерения/учета, и одной дополнительной обмоткой, предназначенной для питания цепей защитных устройств и контроля изоляции сети. Заземление нейтрали трансформаторов в трехфазном исполнении позволяет осуществлять контроль изоляции сети с помощью дополнительных вторичных обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник. Необходимость использования функции контроля изоляции сети диктует применение именно заземляемых трансформаторов напряжения.

Электрическая принципиальная схема трехфазной группы трансформаторов напряжения 3xЗНОЛ(П) с двумя вторичными обмотками представлена на рисунке 1.

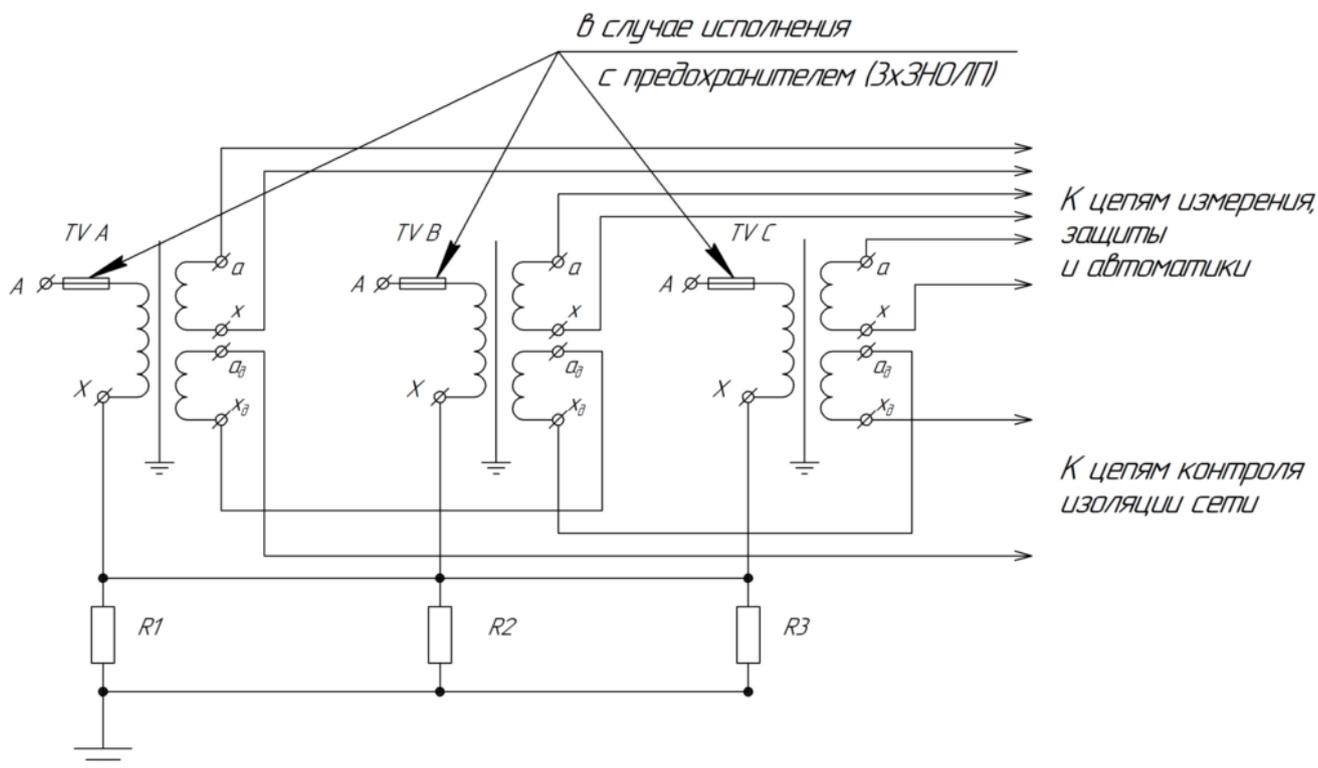


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная трёхфазной группы трансформаторов напряжения 3хЗНОЛ(П)-НТЗ-6(10) с двумя вторичными обмотками

Согласно определению по ГОСТ 18685-73 дополнительная вторичная обмотка a_d-x_d заземляемых трансформаторов напряжения должна использоваться исключительно для соединения в разомкнутый треугольник в составе трёхфазных групп трансформаторов напряжения и выполнять функцию контроля изоляции сети.

В соответствии с п. 9.8 ГОСТ 1983-2015, а также п. 5.5 МЭК 61869-3-2012 следует, что дополнительная вторичная обмотка a_d-x_d заземляемых трансформаторов напряжения, подключаемых по схеме «разомкнутый треугольник», должна быть нагружена только при аварийном режиме, т.е. при однофазном замыкании сети на землю (ОЗЗ).

Рассмотрим режимы работы трёхфазной группы трансформаторов напряжения.

При нормальном (симметричном) режиме работы основная вторичная обмотка, предназначенная для измерения или учета, согласно ГОСТ 1983-2015, должна быть нагружена в диапазоне 25-100% от номинальной нагрузки.

Напряжение на выводах разомкнутого треугольника дополнительных вторичных обмоток при данном режиме работы сети должно быть не более 3В. При этом потребляемая дополнительными обмоткам мощность близка к нулевым значениям.

При замыкании одной из фаз сети на землю напряжение на выводах разомкнутого треугольника дополнительных вторичных обмоток повышается до значений от 90 до 110В. Потребляемая мощность на дополнительных обмотках может вырасти до номинальных значений.

Следует отметить, что в п. 6.15.2 ГОСТ 1983 от редакции 2015 года появились требования о необходимости учитывания взаимной нагрузки при определении погрешностей трансформаторов с несколькими вторичными обмотками. Т.е. погрешность вторичных обмоток должна соответствовать заявленному классу точности при суммарной нагрузке вторичных обмоток входящих в диапазон от 25% до 100% от номинального значения выходной мощности для каждой обмотки (если не указано иное). Если на одну из вторичных обмоток нагрузка подается лишь иногда и в течении непродолжительного времени, то ее влияние на другие обмотки можно не учитывать.

Согласно ГОСТ 1983-2015 трехфазные группы однофазных трансформаторов с дополнительными обмотками, предназначенные для контроля изоляции в сетях с изолированной нейтралью, должны выдерживать не менее 8 ч однофазные замыкания сети на землю при наибольшем рабочем напряжении. Аварийный режим ОЗЗ можно считать для заземляемого трансформатора напряжения кратковременным.

Таким образом, при определении погрешностей основных вторичных обмоток трансформаторов номинальная нагрузка дополнительной обмотки не учитывается.

В связи с отсутствием в предыдущей редакции ГОСТ 1983 (от 2001 года) требований по необходимости учитывания взаимной нагрузки при определении погрешностей трансформаторов с несколькими вторичными обмотками, остро встает вопрос по точности метрологических характеристик следующих исполнений трансформаторов, изготовленных до вступления в силу ГОСТ 1983-2015:

1. Трансформаторы с тремя вторичными обмотками, в которых обмотка a_1-x_1 – предназначена для измерения/учета электрической энергии; обмотка a_2-x_2 – предназначена для питания приборов собственных нужд; обмотка a_d-x_d – предназначена для контроля изоляции сети.
2. Трансформаторы с двумя или тремя вторичными обмотками, в которых дополнительную вторичную обмотку a_d-x_d используют в качестве источника напряжения для питания приборов собственных нужд в течении продолжительного времени.

Испытательной лабораторией ООО «НТЗ «Волхов» были проведены эксперименты по проверке метрологических характеристик заземляемых трансформаторов напряжения ЗНОЛ(П)-НТЗ-10 с приведенными выше вариантами исполнения. Замер погрешности производился без учета и с учетом взаимной нагрузки вторичных обмоток.

Результаты измерений погрешности основной вторичной обмотки трансформаторов приведены на рисунках 2 — 7.

Из рисунков 2, 3, 4, 5 видно, что погрешность напряжения основной вторичной обмотки a_1-x_1 при отсутствии нагрузки на дополнительной вторичной обмотке соответствует классу точности согласно ГОСТ 1983-2015. При наличии постоянной нагрузки на дополнительной вторичной обмотке a_d-x_d , погрешность напряжения основной вторичной обмотки a_1-x_1 выходит за допустимую границу класса точности, и как следствие, происходит недоучёт электрической энергии.

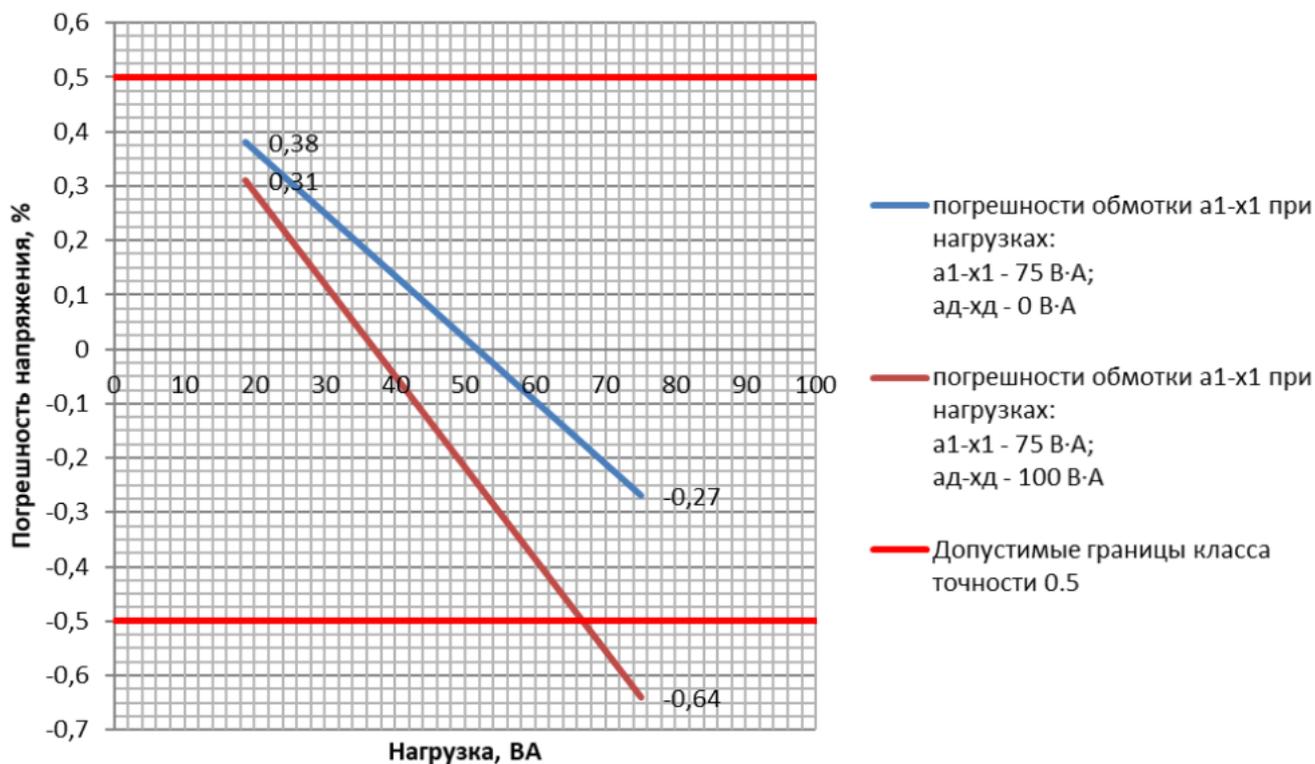


Рисунок 2 – Погрешность напряжения основной вторичной обмотки трансформатора напряжения ЗНОЛП-НТЗ-10-10000/V3:100/V3:100/3-0.5/3P-75/100 УХЛ2 в зависимости от нагрузки на дополнительной обмотке

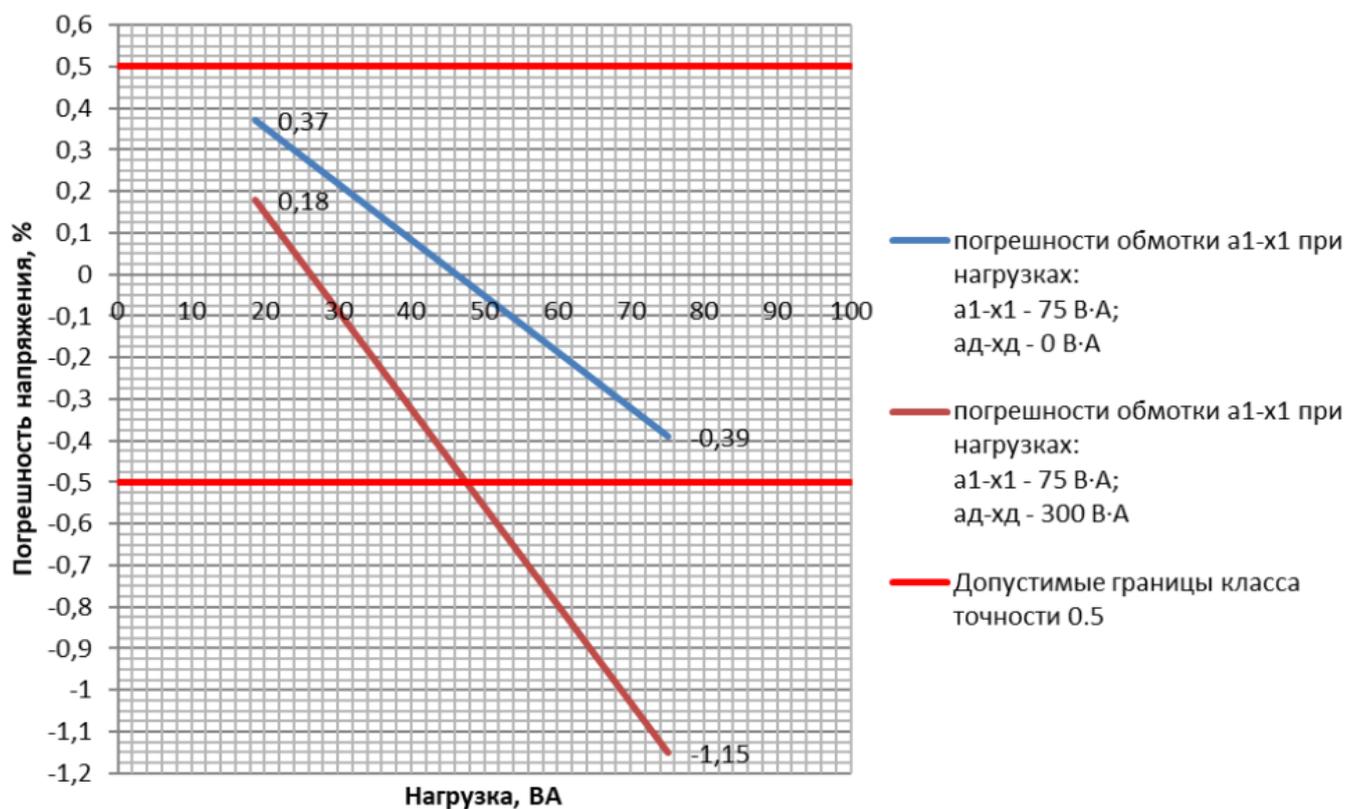


Рисунок 3 – Погрешность напряжения основной вторичной обмотки трансформатора напряжения ЗНОЛП-НТЗ-10-10000/V3:100/V3:100/3-0.5/3P-75/300 УХЛ2 в зависимости от нагрузки на дополнительной обмотке

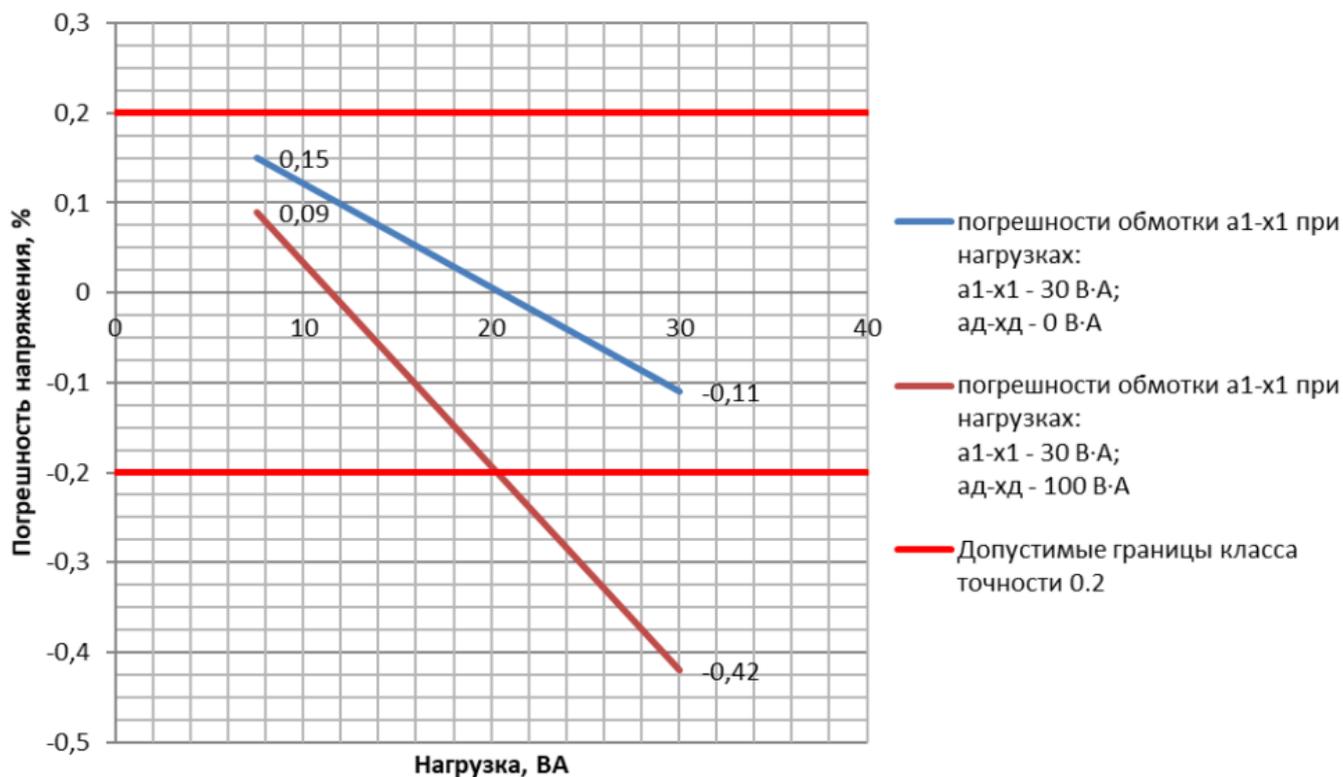


Рисунок 4 – Погрешность напряжения основной вторичной обмотки трансформатора напряжения ЗНОЛП-НТЗ-10-10000/V3:100/V3:100/3-0.2/3P-30/100 УХЛ2 в зависимости от нагрузки на дополнительной обмотке

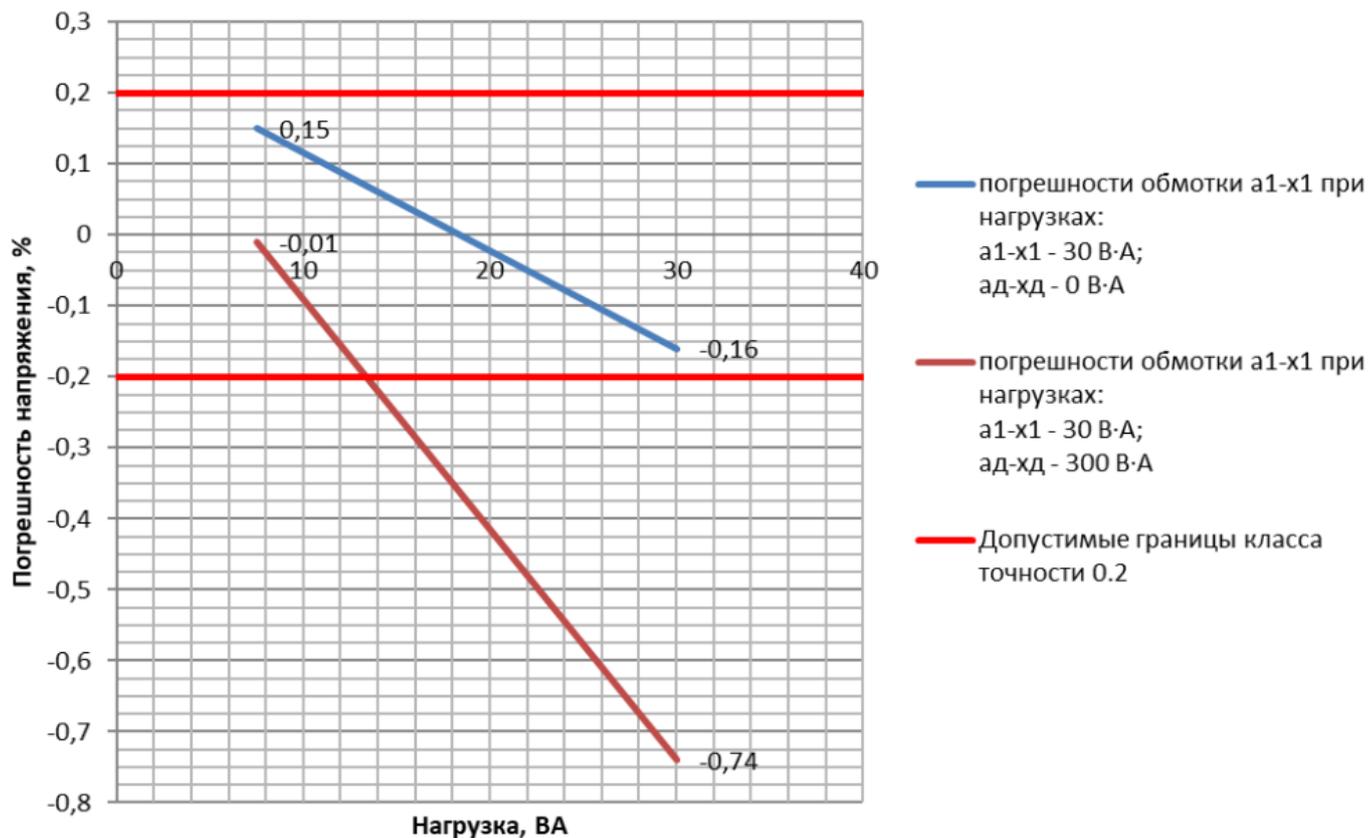


Рисунок 5 – Погрешность напряжения основной вторичной обмотки трансформатора напряжения ЗНОЛП-НТЗ-10-10000/V3:100/V3:100/3-0.2/ЗР-30/300 УХЛ2 в зависимости от нагрузки на дополнительной обмотке

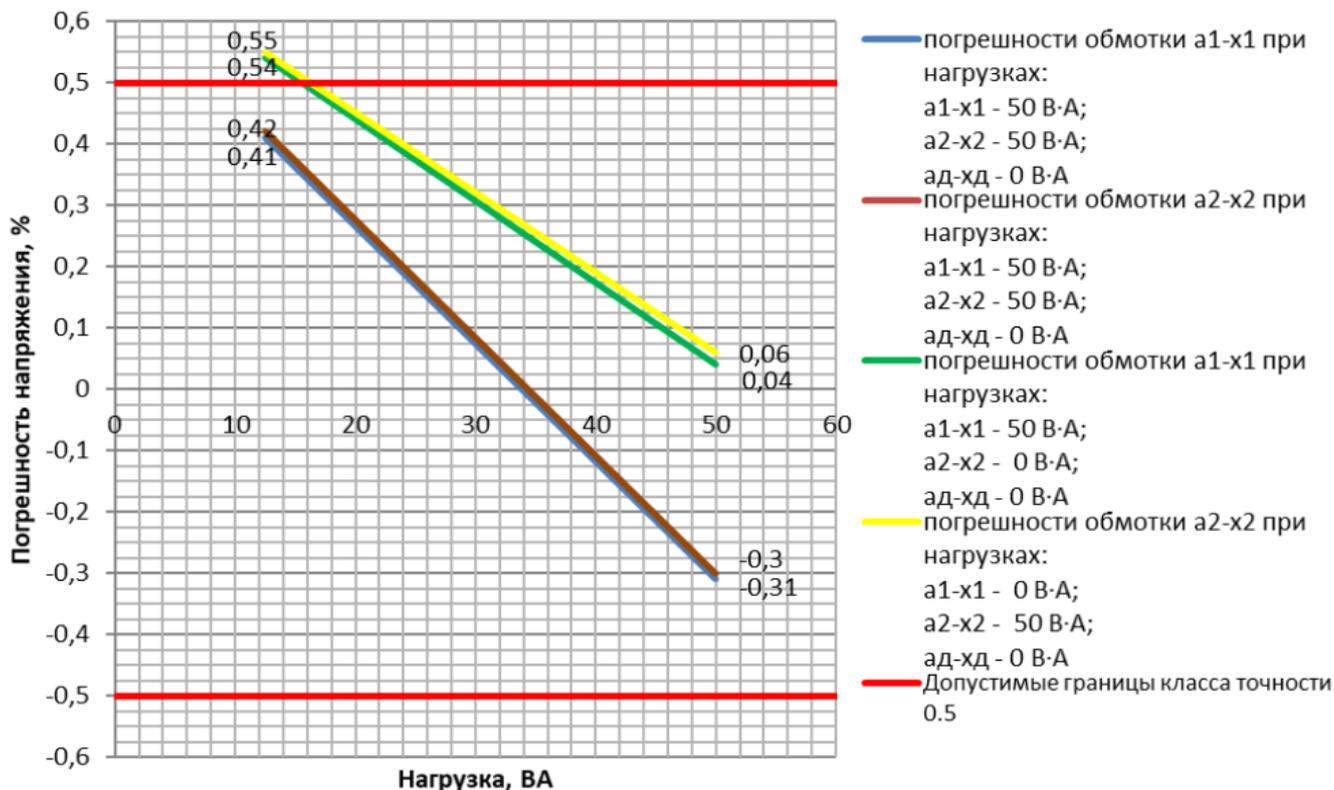


Рисунок 6 – Погрешность напряжения основных вторичных обмоток трансформатора напряжения ЗНОЛП-НТЗ-10-10000/V3:100/V3:100/V3:100/3-0.5/0.5/ЗР-50/50/100 УХЛ2 в зависимости от наличия нагрузки на соседней обмотке

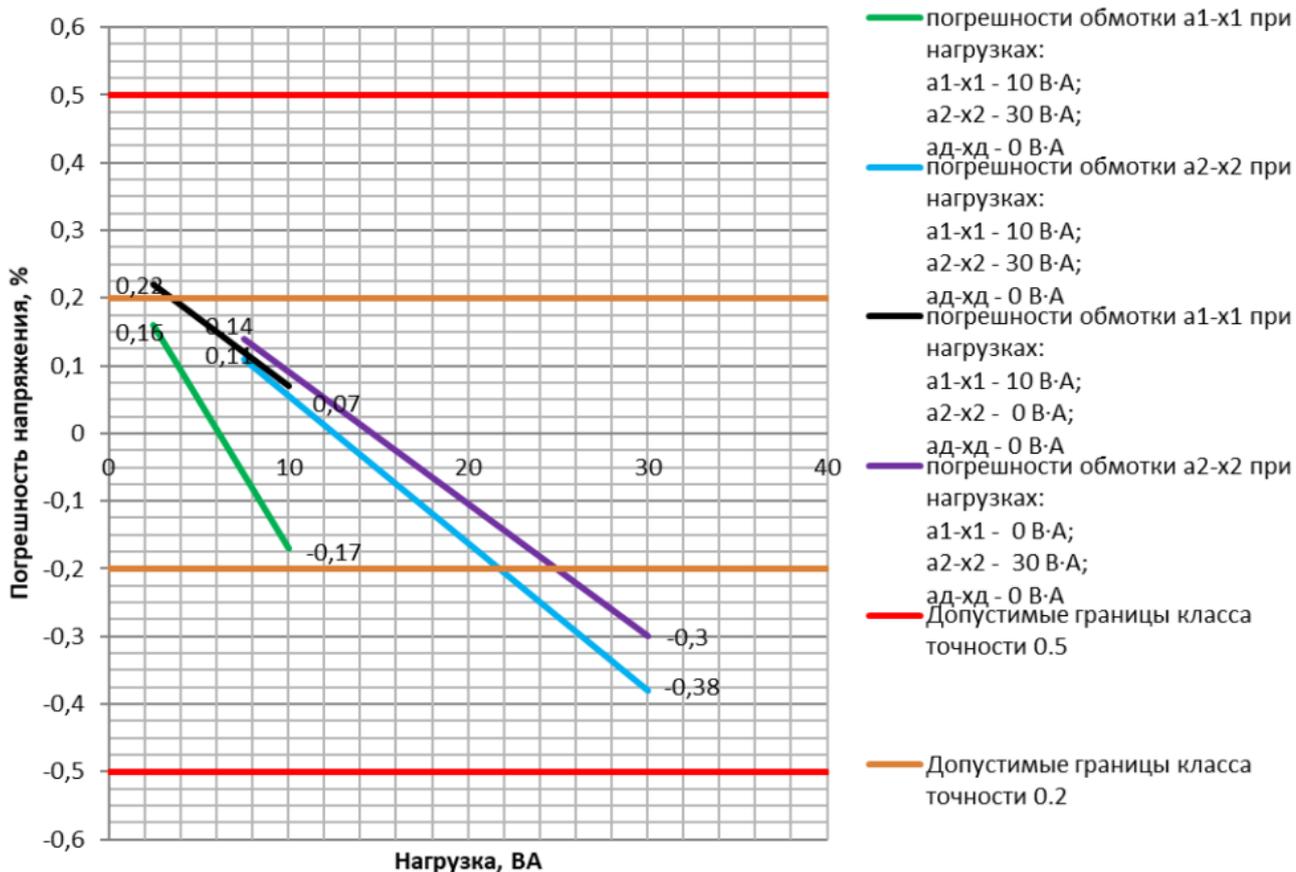


Рисунок 7 – Погрешность напряжения основных вторичных обмоток трансформатора напряжения ЗНОЛП-НТЗ-10-10000/V3:100/V3:100/V3:100/3-0.2/0.5/3P-10/30/100 УХЛ2 в зависимости от наличия нагрузки на соседней обмотке

Из рисунков 6 и 7 видно, что погрешности напряжения основных вторичных обмоток соответствуют заявленным классам точности только при их взаимной нагрузке. Соответственно, при отсутствии требования по учету взаимной нагрузки при определении погрешностей, как было в предыдущей версии ГОСТ 1983-2001, есть вероятность встретить в эксплуатации заземляемые трансформаторы напряжения с тремя вторичными обмотками, работающими не в классе точности. Особенно высока вероятность выхода за допустимые границы погрешности для класса точности 0.2, предназначенного для коммерческого учета.

На основании приведённых примеров из рисунков 2, 3, 4, 5 можно сделать вывод, что использование дополнительной вторичной обмотки a_d-x_d в качестве источника напряжения для питания приборов собственных нужд категорически запрещается, т.к. это приводит к выходу основных вторичных обмоток из класса точности и нарушению системы коммерческого учёта. В случае необходимости использования обмотки в других целях рекомендуется применение трансформаторов напряжения с тремя вторичными обмотками a_1-x_1 , a_2-x_2 и a_d-x_d , в которых функцию питания приборов собственных нужд может выполнить вторая основная вторичная обмотка a_2-x_2 . При этом, погрешности вторичных обмоток будут соответствовать заявленному классу точности при суммарной нагрузке вторичных обмоток входящих в диапазон от 25% до 100% от номинального значения выходной мощности для каждой основной вторичной обмотки (рисунки 6, 7), что не приведет к нарушению системы коммерческого учёта, и как следствие, недоучету электроэнергии.

Электрическая принципиальная схема трехфазной группы трансформаторов напряжения 3хЗНОЛ(П) с тремя вторичными обмотками представлена на рисунке 8.

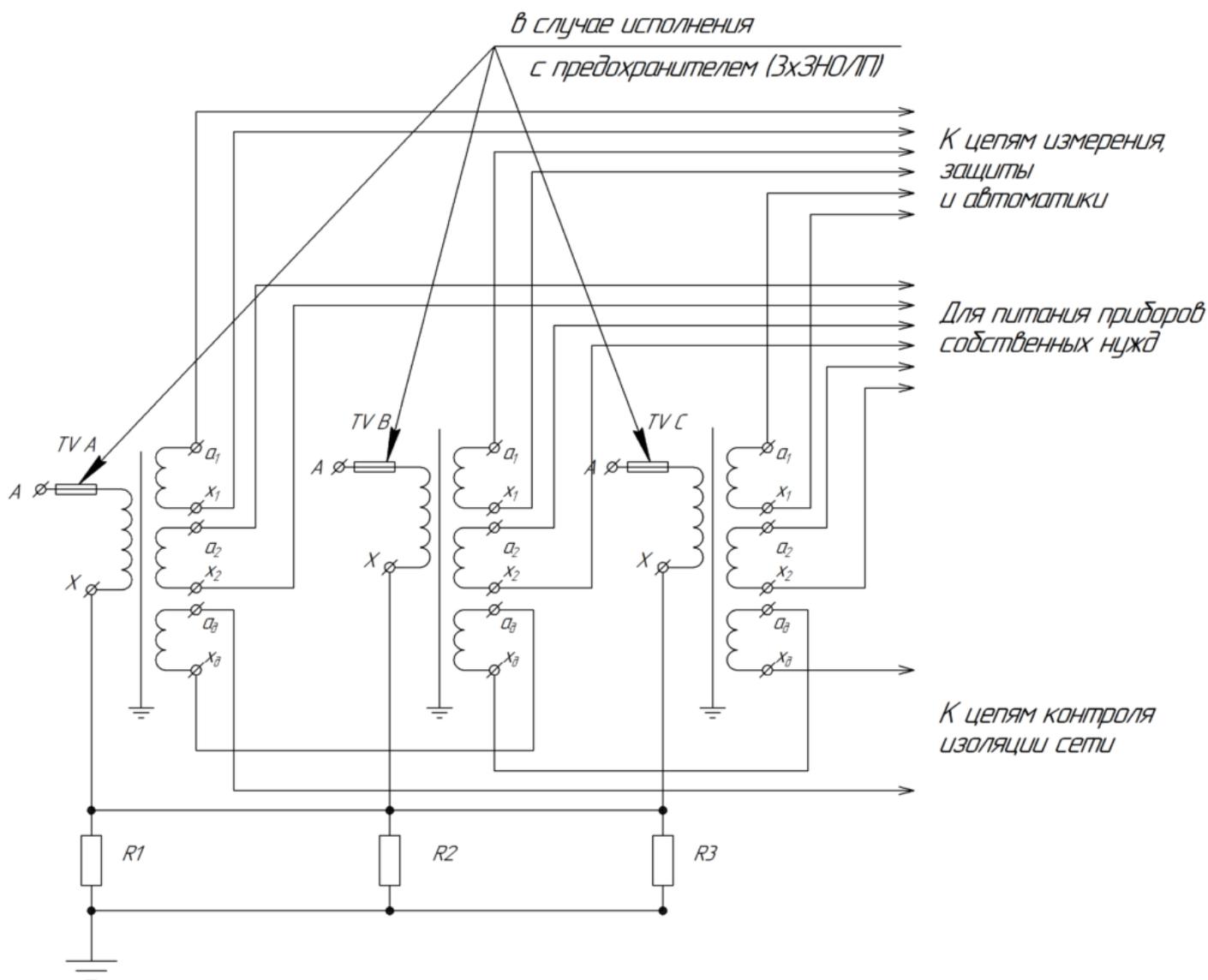


Рисунок 8 – Схема электрическая принципиальная трёхфазной группы трансформаторов напряжения ЗхЗНОЛ(П)-НТЗ-6(10) с тремя вторичными обмотками

На основании проведенных экспериментов можно с уверенностью сказать, что для обеспечения точного коммерческого учета необходимо исключить несанкционированный доступ не только к выводам вторичных обмоток для измерения и учета, но и к выводам дополнительной обмотки, предназначенной для контроля изоляции сети.

К сожалению, ГОСТ 1983-2015 не предъявляет требования по необходимости пломбирования дополнительной вторичной обмотки и многие производители заземляемых трансформаторов напряжения, соответствуя стандарту, предусматривают пломбируемые защитные крышки только для основных вторичных обмоток.

Выводы:

Наличие постоянной нагрузки на выводах вторичной дополнительной обмотки a_d-x_d приводит к выходу погрешностей основных вторичных обмоток из установленных классов точности в соответствии с ГОСТ 1983-2015 и соответственно недоучету электрической энергии.

Для обеспечения нормальной работы заземляемых трансформаторов напряжения ЗНОЛ(П)-НТЗ необходимо дополнительную обмотку использовать только для питания цепей защитных устройств и контроля изоляции сети.

Для этого:

- проверить и исключить применение дополнительной обмотки в качестве питания приборов собственных нужд;
- обеспечить защиту всех вторичных обмоток от несанкционированного доступа;
- перепроверить трансформаторы напряжения с тремя вторичными обмотками на соответствие классам точности, изготовленные до 01.03.2017 (до введения в действие ГОСТ 1983-2015)



WWW.NTZV.RU