

Магистрант ФИС Н.Ш. Нарзуллаев,  
науч. рук. к.т.н., доц. Э.А. Улжаев, ТашГТУ

## АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

*В статье рассматриваются результаты анализа причины потери электроэнергии на линиях электроснабжения и трансформаторах напряжения. Установлена актуальность поставленной задачи, связанная с автоматизацией дистанционного контроля и сигнализации изменения параметров трансформаторов напряжения. Выявлены основные параметры трансформаторов тока, подлежащие автоматизации контроля и сигнализации. Показано, что к контролируемым параметрам относятся: номинальное напряжение трансформатора, номинальные напряжения и токи в первичной цепи трансформаторов, номинальные напряжения и токи во вторичных цепях трансформаторов, коэффициенты трансформации, термическая стойкость, сопротивления изоляции между первичными и вторичными обмотками, реактивные сопротивления обмоток трансформаторов, коэффициент старения железа, изменения (ухудшения) контактов на клеммниках, изменения сопротивления обмоток трансформаторов и др.*

*Ушбу мақолада электр узатиш линиялари ва кучланиш трансформаторларидаги электр энергиянинг йўқолиш сабаблари таҳлил қилинган. Кучланиш трансформаторларининг параметрларини ўзгаришини масофадан назорат қилиш ва сигнализациясини автоматлаштириш билан боғлиқ вазифа долзарблиги кўрсатиб ўтилган. Ток трансформаторларининг асосий параметрларини назорат қилиш ва сигнализациясини автоматлаштиришга қуйидаги параметрлар таъсир кўрсади: трансформаторнинг номинал кучланиши, трансформаторнинг биринчи занжирдаги номинал кучланиш ва ток, трансформаторнинг иккинчи занжирдаги номинал кучланиш ва ток, трансформация коэффициенти, термик турғунлик, биринчи ва иккинчи галтаклар орасидаги изоляция қаршилиги, трансформатор галтакларининг реактив қаршилиги, темирнинг эскириш коэффициенти, трансформатор галтаги қаршиликларининг ўзгариши ва ҳакозолар.*

*The article discusses the results of the analysis of the cause of the loss of electricity on power lines and voltage transformers. The urgency of the task, connected with automation of the remote control and signaling of change of parameters of voltage transformers is established. The main parameters of the current transformers to be automatized for monitoring and signaling are revealed, the monitored parameters include the rated voltage of the transformer, the rated voltages and currents in the primary circuit of the transformers, the rated voltages and currents in the secondary circuits of the transformers, the transformation coefficients, thermal resistance, insulation resistance between the primary and secondary winding, reactive resistance of windings of transformers, aging factor of iron, changes (deterioration) of contacts on terminal blocks, changes in winding resistance of transformers.*

Согласно [1] известно, что во время проектирования линий электроснабжения, трансформаторов, трансформаторных подстанций допускаются потери электрической энергии в пределах 5%, а во время эксплуатации допускаются потери электрической энергии около 10%. По статистическим данным приведенные в [2] реальные потери электрической энергии по республике составляют около 30%.

Анализ причин потерь электрической энергии показали пропорциональную зависимость потерь электрической энергии от изменения таких параметров, как:

сопротивления изоляции трансформаторов, сопротивления контактов на клеммниках, изменения сопротивления погонных метров ЛЭП, увеличения реактивных сопротивлений между фазными линиями и др.

По проведенным исследовательским работам [2], в Сырдарьинской области-посёлок Сардоба, потери электрической энергии составили около 39%, а после принятия мер потери были равны около 7%. В связи с этим своевременный контроль, учет, прогноз, проведение диагностики изменения соответствующих параметров трансформаторов, линии электропередачи, электрооборудования является актуальной задачей.

В настоящее время для учета параметров электрической энергии фазных напряжений, токов в линии, асимметрии напряжения и токов в фазных линиях по республике используется автоматизированная системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Эти системы используются только для автоматизации контроля и коммерческого учета параметров линии электроснабжения. Автоматический контроль и учет изменения параметров трансформаторов проводятся только согласно установленному графику и регламентных работ.

В связи с вышеизложенным, в данной работе, ставится задача выявления наиболее важных параметров трансформаторов, непосредственно влияющих на потери электрической энергии и изучение методов их контроля.

К основным характеристикам и параметрам трансформаторов напряжения и тока относятся [3]: номинальное напряжение трансформатора напряжения и тока, номинальный ток первичной цепи трансформаторов, номинальные напряжения и токи во вторичных цепях трансформаторов, коэффициенты трансформации трансформаторов, термическая стойкость. Вторичными параметрами трансформаторов являются сопротивления изоляции между первичными и вторичными обмотками, реактивные сопротивления обмоток трансформаторов, коэффициент старения железа, изменения (ухудшения) контактов на клеммниках, изменения сопротивления обмоток трансформаторов и др. Рассмотрим вкратце сущность каждого параметра:

*Номинальное напряжение трансформатора тока.* Первым основным параметром *трансформатора тока*, является его номинальное напряжение. Под номинальным напряжением понимается действующая величина напряжения, при которой может работать ТТ. Это напряжение можно найти в паспорте на конкретный трансформатор тока. Существует стандартный ряд номинальных значений напряжения у трансформаторов тока:

Номинальный ток первичной цепи трансформатора тока – это ток, протекающий по первичной обмотке трансформатора тока, при котором предусмотрена его длительная работа. Значение первичного номинального тока также указывается в паспорте на конкретный трансформатор тока. Обозначается этот параметр индексом-  $I_{1н}$ .

Существует стандартный ряд номинальных значений первичных токов у выпускаемых трансформаторов тока (ТТ) со значением номинального первичного тока 15, 30, 75, 150, 300, 600, 750, 1200, 1500, 3000 и 6000 (А) в обязательном порядке должны выдерживать наибольший рабочий первичный ток, равный соответственно, 16, 32, 80, 160, 320, 630, 800, 1250, 1600, 3200 и 6300 (А). В остальных случаях наибольший первичный ток не должен быть больше номинального значения первичного тока.

*Номинальный ток вторичной цепи трансформатора* – это ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока.

Значение номинального вторичного тока тоже отображается в паспорте на трансформатор тока и оно всегда равно 1 (А) или 5 А. Обозначается этот параметр индексом -  $I_{2н}$

*Вторичная нагрузка трансформатора тока.* Под вторичной нагрузкой трансформатора тока понимается полное сопротивление его внешней вторичной цепи (амперметры, обмотки *счетчиков электрической энергии*, токовые реле *релейной защиты*, различные токовые преобразователи). Это значение измеряется в Омах (Ом).

Обозначается индексом -  $Z_{2н}$ . Вторичную нагрузку трансформатора тока можно выразить через полную мощность, измеряемую в вольт-амперах ( $V \cdot A$ ) при определенном коэффициенте мощности ( $\cos=0,8$ ), и номинальном вторичном токе, при которой сохраняется установленный класс точности трансформатора тока или предельная кратность первичного тока относительно его номинального значения, обозначается индексом -  $S_{2н}$ . ном. И здесь тоже существует ряд стандартных значений номинальной вторичной нагрузки трансформаторов тока, выраженных через вольт-амперы при  $\cos=0,8$ :

*Коэффициент трансформации трансформатора тока* является коэффициентом трансформации. Коэффициент трансформации трансформатора тока – это отношение величины первичного тока к величине вторичного тока.

При расчетах коэффициент трансформации разделяют на: действительный ( $N$ ) и номинальный ( $N_n$ ).

Действительный коэффициент трансформации – это отношение действительного первичного тока к действительному вторичному току, а номинальный коэффициент - это отношение номинального первичного тока к номинальному вторичному току. Приведем примеры коэффициентов трансформации трансформаторов тока: 150/5 ( $N=30$ ); 600/5 ( $N=120$ ); 1000/5 ( $N=200$ ); 100/1 ( $N=100$ ).

*Электродинамическая стойкость.* Здесь сразу нужно внести ясность, что такое ток электродинамической стойкости – это максимальное значение амплитуды тока короткого замыкания за все время его протекания, которую трансформатор тока выдерживает без каких-либо повреждений, препятствующих дальнейшей его исправной работе.

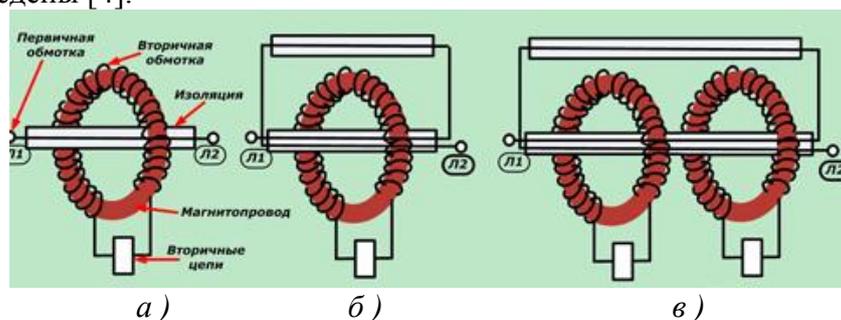
Ток электродинамической стойкости обозначается индексом -  $I_d$ .

*Кратность электродинамической стойкости.* Обозначается индексом  $K_d$  и является отношением тока электродинамической стойкости  $I_d$  к амплитуде номинального первичного тока  $I_{1н}$ . Данные о токе электродинамической стойкости можно найти все в том же паспорте.

*Термическая стойкость.* Ток термической стойкости - это максимальное действующее значение тока короткого замыкания за промежуток времени  $t$ , которое трансформатор тока выдерживает без нагрева токоведущих частей до превышения допустимых температур и без повреждений, препятствующих дальнейшей его исправной работе. Иначе говоря, это способность трансформатора тока противостоять тепловым воздействиям тока короткого замыкания за определенный промежуток времени. Температура токоведущих частей трансформатора тока, выполненных из меди не должна быть больше 250 градусов, из алюминия 200. Ток термической стойкости обозначается индексом -  $I_{Т}$ .

Существует такое понятие, как кратность тока термической стойкости, которая обозначается индексом  $K_T$  и является отношением тока термической стойкости  $I_{Т}$  к действующему значению номинального первичного тока  $I_{1н}$ . Все данные о токе термической стойкости можно найти в паспорте на трансформатор тока.

Общие виды некоторых вариантов измерительных трансформаторов тока и напряжения приведены [4].



**Рис. 1. Принципиальные схемы конструкций трансформаторов тока:** а-одновитковый ТТ; б- многовитковый ТТ; в- многовитковый ТТ с двумя сердечниками

В настоящее время сотрудниками кафедры «Интеллектуальные инженерные системы» ведутся научно - исследовательская работа по автоматизации дистанционного контроля и диагностики вышеперечисленных параметров трансформаторов тока и напряжения. Для автоматизации контроля потери напряжений на трансформаторах напряжения (тока) предложено использовать измерительные трансформаторы тока, преобразующие изменения тока во вторичных обмотках на напряжения, для контроля нагрева трансформаторов предложено использовать термические датчики температуры, преобразующие изменения температуры на величины сопротивления. Ведутся работы по автоматизации контроля и диагностики и по другим параметрам трансформатора. Для дистанционного контроля и диагностики на базе современных микроконтроллеров разработана микроЭВМ, работающая согласно установленной программы.



**Рис. 2. Силовой трансформатор напряжения 110/10 кВ**

Реализация результатов выполняемой работы приведет к оперативному обнаружению причины потери электрической энергии, повышению к.п.д. трансформаторов и увеличению производительности предприятий республики.

Таким образом, в статье приведены причины потери электроэнергии на линиях электроснабжения и трансформаторов напряжения. Представлены основные параметры трансформаторов тока, подлежащие автоматизации контроля и сигнализации.

#### **Литература**

1. ГОСТ 7746-2001
2. Siddikov I.H. Elektr energiyasi istemolini nazorat qilish. Kasb hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma Toshkent: ILM ZIYO, 2016.
3. Энергосберегающая технология энергосбережения народного хозяйства. Вып.1,2,3,4,5 // под ред. В.А.Веникова. -М.: «Высшая школа», 1989.
4. <http://electricalschool.info/>