

## Токи утечки на землю в IT-сети и система контроля изоляции.

По величине тока утечки IT-сети делятся на две группы:

1. **«Длинные IT-сети»**, где величина указанного тока может составлять величины до единиц ампер за счет мощных разделительных трансформаторов и значительной протяженности силовых кабелей подключения нагрузки. Здесь сохраняется полезное свойство режима изолированной нейтрали – неотключение питания нагрузки при первичном пробое. См. статью **«Достоинства и недостатки режима изолированной нейтрали»**. На части оборудования такой электроустановки, в котором существует высокая вероятность поражения персонала электротокком при замыкании на корпус, вполне успешно применяются УЗО. Требования к построению таких электроустановок изложены в ПУЭ.
2. **«Короткие IT-сети»**, где при первичном пробое ток утечки не должен превышать заданного безопасного уровня. Именно к таким сетям относятся сети электропитания оборудования гр.2 в учреждениях медицинского назначения и носят название «медицинские IT-сети».

Особые требования к медицинским IT-сетям изложены в ГОСТ 50571.28.

Для удобства приведем дословно содержание пунктов касающихся данной темы:

**Пункт 710.512.1.6.** «...Трансформаторы должны соответствовать МЭК 61558-2-15 и следующим дополнительным требованиям:

*Ток утечки на землю основных проводников и защитной оболочки «кожуха», замеренные при отсутствии нагрузки, при номинальном напряжении и номинальной частоте не должен превышать 0,5 мА.*

*Номинальная мощность однофазных трансформаторов, используемых для медицинских IT систем для переносного и стационарного оборудования, не должна быть менее 0,5кВА и более 10 кВА.»*

**Пункт 710.413.1.5.** *Для каждой группы комнат со схожими предназначениями необходима как минимум одна медицинская система IT. Эта система должна быть оборудована устройством контроля изоляции в соответствии с МЭК 61557-8 со следующими специальными требованиями:*

- внутреннее сопротивление по переменному току должно быть не менее 100 кОм;
- измерительное напряжение не должно превышать 25В постоянного тока;
- максимальное значение измерительного тока, даже при возникновении повреждения, не должно превышать 1 мА;
- должно быть обеспечено устройство для проверки сопротивления изоляции и предусмотрена индикация о понижении сопротивления до 50 кОм...»

**Пункт 710.512.1.1.** «...Трансформаторы должны быть установлены в непосредственной близости к медицинскому помещению внутри или вне его и помещены в шкаф или иметь защитную оболочку (кожух) для предотвращения случайного прикосновения к токоведущим частям...»

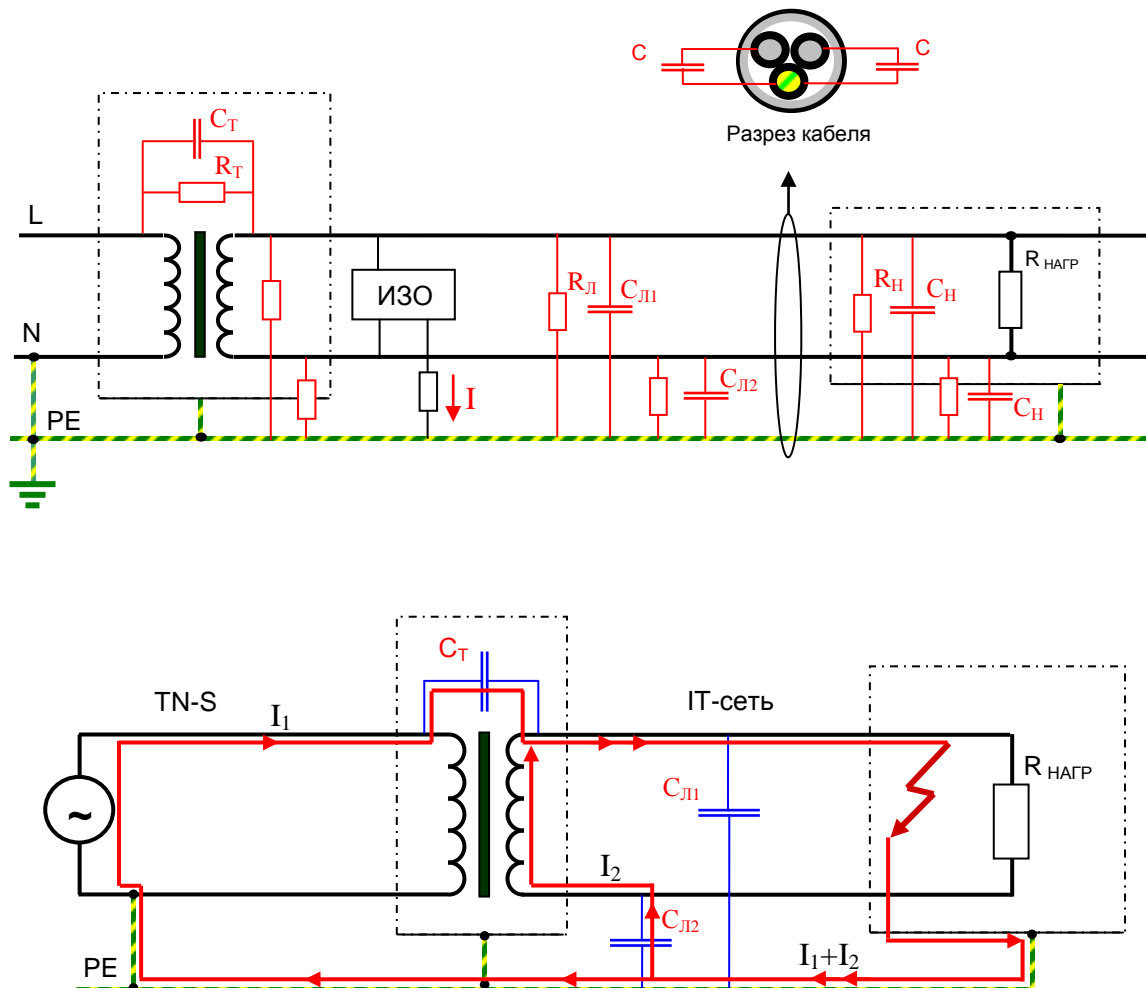
Требования ГОСТа вводят существенные ограничения, выполнение которых при проектировании дает определенные гарантии ограничения токов утечки до минимального безопасного уровня, а именно:

1. Применяются специальные медицинские трансформаторы мощностью до 10 кВА с током утечки не более 0,5 мА.
2. Обязательно применяется система контроля изоляции с уровнем срабатывания сигнализации 50 кОм, что соответствует току утечки не более 4,4 мА ( 4400 мкА )
3. Требование на близкое размещение трансформатора призвано уменьшить длину кабелей подключения нагрузки и уменьшить ток утечки за счет суммарного уменьшения емкости кабельной сети.

На величину тока утечки в сетях с изолированной нейтралью влияют следующие факторы:

1. Ток утечки на разделительном трансформаторе за счет «паразитной» емкостной связи между обкладками трансформатора. У медицинских разделительных трансформаторов составляет порядка 0,1 – 0,5 мА. У бытовых и промышленных трансформаторов до нескольких миллиампер.
2. Токи утечки через систему контроля изоляции. В среднем и в зависимости от производителя токи утечки от 0,15 до 0,25 мА.

3. Ток утечки на проводах самой линии подключения нагрузки за счет «паразитной» емкости между жилами кабеля ( для случая, когда земляной проводник идет в составе кабеля нагрузки ). В среднем 33 мА на 1 км.
4. Сопротивление изоляции трансформатора, линий питания и подключенной нагрузки. В рабочем режиме токи утечки за счет изоляции достаточно малы и в расчет, как правило, не берутся. При сопротивлении изоляции в пределах 2 МОм и напряжении 220В, 50Гц ток утечки составит всего 0,11 мА



$C_T$  – емкость между первичной и вторичной обмоткой трансформатора

$C_{Л1}, C_{Л2}$  – емкости кабельной линии

Рис.1. Путь протекания тока первичного замыкания за счет «паразитной» емкости линии питания и емкости между обмотками трансформатора.

**ВНИМАНИЕ ! Статья в стадии доработки.**

Следует помнить, что системы контроля изоляции как импортного, так и отечественного производства не реагируют на емкостной ток утечки, а призваны контролировать именно нарушение изоляции сети по активному сопротивлению.

Оценить величину емкостного тока утечки можно следующим образом:

Емкость силового кабеля марки ВВГнг колеблется в пределах от 150 нФ/км ( 0,15 мкФ/км ) при сечении жил 1,5 мм<sup>2</sup> до 300 нФ/ км ( 0,3 мкФ/км ) при сечении жил 10 мм<sup>2</sup>.

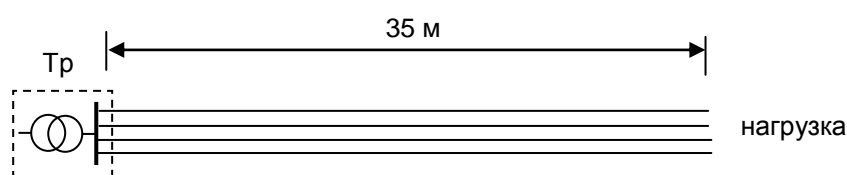
Ток утечки при емкости 0,1 мкФ при 220В, 50Гц составляет 11 мА. Пользуясь этой пропорцией легко оценить ток для конкретного проектного решения.

Приведенные выше данные по емкостным характеристикам достаточно приблизительные, так как при производстве силового кабеля эта величина не нормируется. На практике значение емкости может отличаться и в большую, и в меньшую стороны. Длина кабеля питания нагрузки от трансформатора длиной в километр может показаться нереальной для конкретного объекта, однако приведем пример:

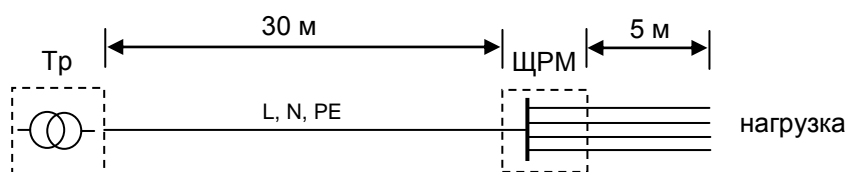
Медицинский разделительный трансформатор ТРО – 10000МБ расположен в этажной щитовой. В этой щитовой также расположен распределительный щиток на 6 двухполюсных автоматов для непосредственного подключения розеток на консолях и других блоков розеток ИТ-сети.

Операционная расположена на расстоянии 50 метров на том же этаже. Суммарная длина линий подключения составит более 300 метров с учетом внутренней разводки в самой операционной. По приблизительным расчетам емкостной ток утечки составит 6,6 мА, что явно не соответствует нормам безопасности принятым для операционных согласно ГОСТ 50571.28 пункт 710.413.1.5. ( 4,4 мА ).

Технические решения с целью уменьшения длины линий достаточно очевидны и приведены на рис.2. Автоматы линий подключения располагаются непосредственно в щитке в операционной, что сокращает протяженность линий почти в три раза.



Суммарная длина линий 140 м. Расчетный ток утечки за счет емкости линии 4,7 мА.



Суммарная длина линий 50 м. Расчетный ток утечки за счет емкости линии 1,6 мА.

Рис.2. Варианты размещения автоматов подключения нагрузки.

Описанный выше способ позволяет значительно сократить количество проводников и существенно уменьшить паразитный емкостной ток, однако окончательно проблему не решает. Сократить указанный ток практически до нуля позволяет схема представленная на рис.3.

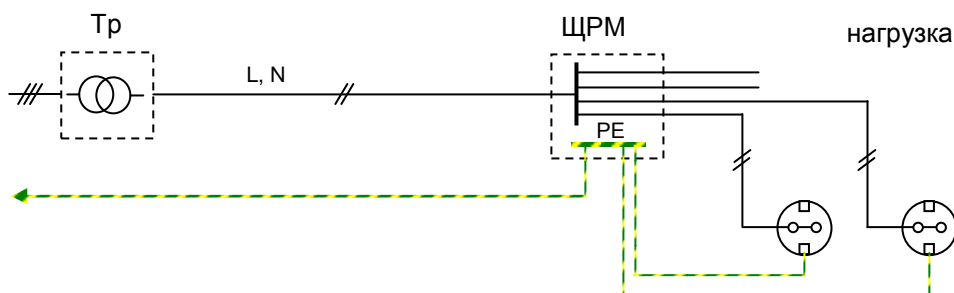


Рис.3.

В этой схеме провод заземления исключается из состава кабеля и прокладывается отдельно, в результате чего паразитная емкость сводится практически к нулю.

К сожалению, в отечественных нормативах эта проблема не рассматривается вовсе и подавляющее большинство проектов выполнено без учета емкостных токов утечки, что вполне может привести к весьма неприятным последствиям.

В данном случае можно ориентироваться на типовые европейские схемы, решенные с учетом данной проблемы. Одна из схем приведена на рис.4.

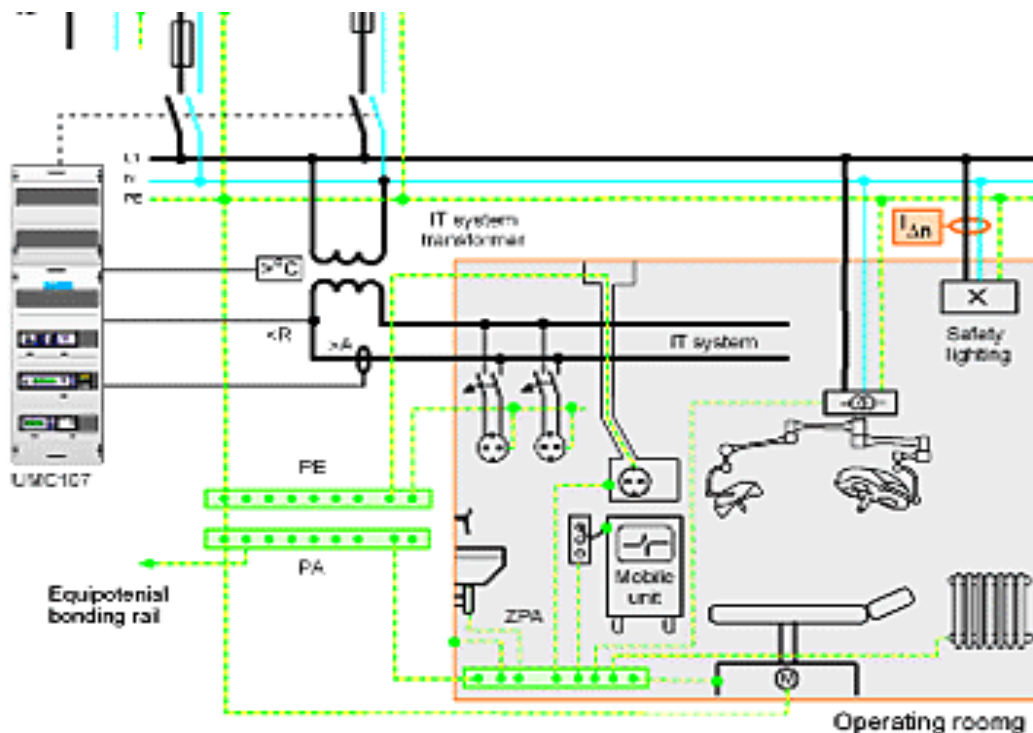


Рис.4. Типовая европейская схема ( Bender ) организации заземления в операционной.