



В.В. Соснин

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЧЕРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ



В.В. Соснин

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
УЧЕРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**



2017

СОДЕРЖАНИЕ

1. Нормативная база проектирования учреждений здравоохранения.
2. Категории электроприемников. Разновидность схем электроснабжения.
3. Аварийные автономные источники для ЛПУ.
4. Подключение и управление запуском ДГУ.
5. Щиты автоматического ввода резерва (АВР).
6. Защитное и рабочее заземление. Уравнивание потенциалов.
7. Достоинства и недостатки режима изолированной нейтрали.
Области применения.
8. Размещение щитового электрооборудования и разъединительных трансформаторов.
9. Требования к медицинскому разделительному трансформатору.
10. Токи утечки на землю в IP сети и система контроля изоляции.
11. Установка разделительных трансформаторов. Тепловыделение. Шум.

1. Нормативная база проектирования учреждений здравоохранения.

Как показывает практика, проектирование сетей питания медицинских учреждений во многих случаях сопровождается определенными трудностями. Причин сложившейся ситуации несколько:

- недостаточный опыт проектирования электроустановок, где часть нагрузок подключены в режиме изолированной нейтрали (IT-сеть).
- минимальное количество нормативных документов и практических рекомендаций по проектированию IT-сетей.
- противоречия в нормативной базе.
- сложность решаемых задач при проектировании, когда необходимо обеспечить не только надежную работу электрооборудования, но и высокий уровень электробезопасности.

Достаточно полный перечень нормативных документов (СНиПов, СанПиНов, ТСН, НПБ) можно найти например в «ТСН 31 330 2005 ЛПУ на территории СПб, приложение А».

Что касается проектирования электроустановки, более подробно рассмотрим следующие нормативы:

Руководящий технический материал РТМ –42-2-4- 80 - устаревший, местами противоречащий современным нормативам, но в некоторых случаях полезный документ, который долгое время оставался единственным по проектированию IT-сетей для учреждений здравоохранения. В настоящий момент юридической силы не имеет.

ГОСТ 50571.28-2007 (МЭК 60364 – 7 – 710 – 2001) «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 710. Медицинские помещения. » – неидеальный, но долгожданный документ введенный в действие приказом Министерства здравоохранения с 1 января 2008 г. При проектировании учреждений ЛПУ в настоящее время обладает высшим приоритетом.

Технический кодекс устоявшейся практики ТКП/ОР/45-4.04-86-2007 (Белоруссия. Аналог ГОСТ 50571.28) – документ не имеет силы на территории РФ, однако с практической точки зрения содержит множество полезной информации для проектирования электроустановок ЛПУ.

Технический циркуляр 24 2009 – отлично дополняет вышеуказанный ГОСТ 50571.28, разъясняя и дополняя ряд существенных моментов.

ГОСТ 30030-93 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы. Технические требования.» - данный документ никакого отношения к медицинским разделительным трансформаторам не имеет, о чем прямо сказано в техническом циркуляре №24.

МЭК 61558-2-15:1999 «Безопасность силовых трансформаторов, силовых распределительных устройств и прочего силового оборудования. Раздел 2-15. Особые требования к изоляции силовых трансформаторов для медицинских учреждений.» - ГОСТ и технический циркуляр напрямую ссылаются на данный документ в части требований к медицинским разделительным трансформаторам, однако здесь есть определенные проблемы:

- данный стандарт не «русифицирован» и соответственно юридической силы на территории России не имеет и прямая ссылка в ГОСТ 50571.28 на данный стандарт не совсем корректна.

Причина такого «казуса» вполне понятна – в России нет ГОСТа на медицинские разделительные трансформаторы.

- по некоторым пунктам данный документ противоречит ГОСТ 50571.28, особенно в разделе испытаний.

Пособие по проектированию учреждений здравоохранения (к СНиП 2.08.02-89) – несомненно полезный документ, но носит рекомендательный характер, создан во времена действия РТМ-42-80 и в некоторых пунктах противоречит современным нормативам.

ПУЭ п. 1.6.12 – пункт об обязательном контроле сопротивления изоляции для IT – сетей (вне зависимости от области применения).

п. 1.7.3 – определение IT – сети.

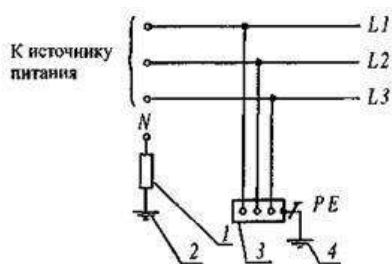


Рис.1.7.4. Система IT переменного тока. Открытые проводящие части электроустановки заземлены. Нейтраль источника изолирована от земли или заземлена через большое сопротивление:

1. – сопротивление заземления нейтрали источника питания (если имеется);
2. – заземлитель;
3. – открытые проводящие части;
4. – заземляющее устройство электроустановки;

Из Пункта 1.7.3.

Пункт 1.7.3, где дано определение ИТ-сети, многими трактуется как необходимость использования отдельного независимого заземления (рабочее, функциональное...) для нагрузок, питающихся от разделительного трансформатора. К каким последствиям с точки зрения электробезопасности это может привести см. в статье « **Защитное и функциональное заземление** ».

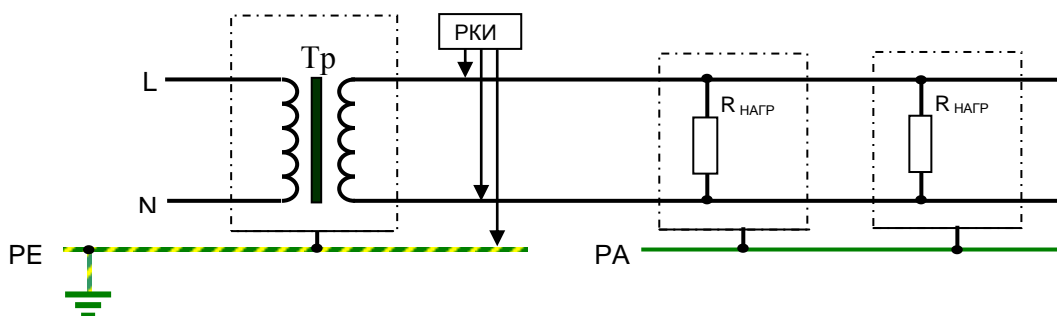
Пункт 1.7.85 – носит неформальное название «кровавый» и достоин более подробного рассмотрения. При согласовании готового проекта в надзорных инстанциях, как правило, возникает довольно серьезный конфликтный вопрос о заземлении розеток, подключенных к разделительному трансформатору. Приведем дословно содержание:

«Допускается питание **нескольких электроприемников** от одного разделительного трансформатора при одновременном выполнении следующих условий:

... 2) открытые проводящие части отделяемой цепи должны быть соединены между собой изолированными, незаземленными проводниками местной системы уравнивания потенциалов, не имеющей соединений с защитными проводниками и открытыми проводящими частями других цепей;

3) все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, присоединенный к местной незаземленной системе уравнивания потенциалов»

Теперь, для наглядности, нарисуем рекомендуемую данным пунктом схему:



Применительно к «операционным» образуются сразу пять основных проблем:

1. Если подключить реле контроля изоляции к РЕ (как показано на рис.), то замыкание на РА обнаружено не будет. Если РКИ подключить к РА, то не будет обнаружено первичное замыкание на «реальную землю» РЕ. И тот и другой вариант с точки зрения безопасности работы оборудования и персонала неприемлемы.
2. Операционная фактически является взрывопожароопасной зоной, за счет наличия кислорода, наркозных газов и применяемых легких эфирных соединений. Проблему отвода статического электричества придется решать установкой дополнительных резисторов, а заодно долго объяснять строителям, как это сделать и где это брать.
3. Непонятно, что делать с «блуждающими токами», возникающими в местной изолированной системе РА.
4. Системы «РЕ» и «РА» смогут существовать раздельно только при использовании нагрузки с двойной изоляцией. При включении оборудования первого класса электробезопасности через корпуса аппаратов, присоединенных к дополнительной системе уравнивания потенциалов, произойдет соединение «РЕ» и «РА».
5. Непонятно, как соотносить это требование с ГОСТ 50571.28, где ни о какой местной (незаземленной) системе уравнивания потенциалов речи не идет ?

Дословно:

710.413.1.6.1 В каждом медицинском помещении группы 1 или 2 должна быть выполнена система дополнительного уравнивания потенциалов для уравнивания электрических потенциалов следующих частей электрооборудования, относящегося к "окружению пациента":

- защитные проводники;
- сторонние проводящие части;
- экраны от внешних электрических полей (если установлены);

- **сетки токопроводящих полов (если установлены) ;**
- **металлические оболочки разделительных трансформаторов (если имеются) .**

Разумеется, что дополнительная система уравнивания потенциалов должна соединяться с основной (ГЗШ).

В свое время на форуме журнала «Новости ЭлектроТехники» Людмиле Казанцевой (главному специалисту УИЦ «НИИПроектэлектромонтаж») был задан вопрос по проблеме описанной выше. Приведем дословно ответ:

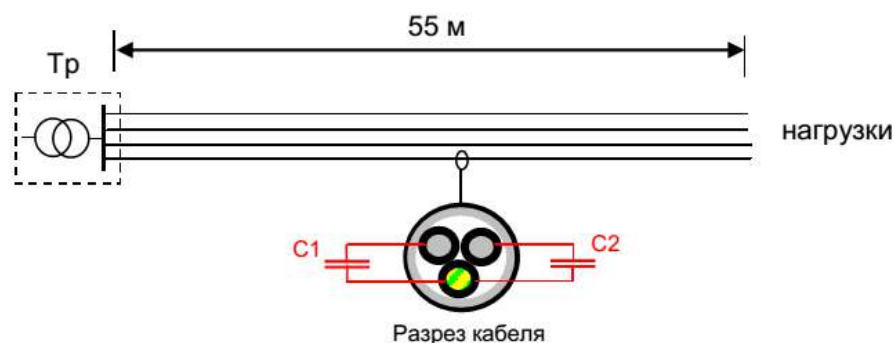
« ...Возможно, в рассматриваемом случае следует применить не общий трансформатор, а отдельные трансформаторы для каждого электроприемника, как это предусмотрено ПУЭ в качестве основного варианта, либо разделительный трансформатор, используемый не в целях электробезопасности, а для защиты питающихся от него цепей при возмущениях в первичной цепи (в последнем случае требования п. 1.7.85 могут быть не обязательны, а для защиты от поражения электрическим током должна быть применена другая мера защиты из предусмотренных ПУЭ) . »

Ставить десяток трансформаторов и столько же систем контроля на одну операционную - довольно «сомнительное удовольствие», а система ИТ в нашем случае, согласно ГОСТу, применяется в первую очередь по условию электробезопасности.

Возникает закономерный вопрос – почему с точки зрения электробезопасности ПУЭ настаивает на местной незаземленной системе уравнивания потенциалов ?

Наиболее вероятен следующий ответ - из-за существенной величины емкостных токов утечки в сети со множеством электроприемников.

Пример:



Уровень изоляции более 2 Мом. Активная составляющая тока утечки, соответственно, менее 0,1 мА. Эта величина, как правило, в расчет не участвует. Промышленный разделительный трансформатор 6,3 кВА – 4 мА (емкостной ток утечки). Суммарная длина линий 220 м. Расчетный ток утечки за счет емкости линии 7,2 мА. Четыре нагрузки с емкостным током утечки 0,1 мА – 0,4 мА. Система контроля изоляции – 0,22 мА. Суммарный емкостной ток утечки – **11,92 мА.**

Применив местную (незаземленную) систему уравнивания потенциалов получим емкостной ток утечки порядка **4,1 мА** в основном за счет разделительного трансформатора. В итоге выполнено условие по электробезопасности, однако в комплекте получаем весь «букет» проблем описанных выше.

Обеспечить электробезопасность ИТ – сети можно и не столь проблемным способом.

Как видно из расчетов большую часть токов утечки дают трансформатор и линии нагрузки при способе подключения, когда заземляющий проводник идет в составе кабеля.

Чтобы добиться величины тока утечки **менее 1 мА**, даже при больших длинах кабельных линий, достаточно выполнить два важных условия:

1. Применить трансформатор с низкими емкостными токами утечки. Например, медицинские разделительные трансформаторы имеют ток утечки не более 0,5 мА.
2. Исключить из состава кабелей подключения земляной проводник, подключив заземление отдельным проводником в непосредственной близости к нагрузке.

Более подробно эта тема рассмотрена в 10 разделе «Токи утечки на землю в ИТ – сети».

2. Категории электроприемников. Разновидности схем электроснабжения.

В соответствии с характером ущерба, который может быть нанесён предприятию из-за перерывов в энергоснабжении, все потребители, согласно Правил устройства электроустановок (ПУЭ), делятся на три категории:

I-я категория:

Электроприёмники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб предприятию, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, угрозу для безопасности государства, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Электроприёмники I-й категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания. Перерыв в питании допускается на время включения резервного источника питания.

I-я категория, особая группа:

Электроприёмники, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров. Для учреждений здравоохранения см. ГОСТ Р 50571.28 п. 710.556 «Обеспечение безопасности». Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

II-я категория:

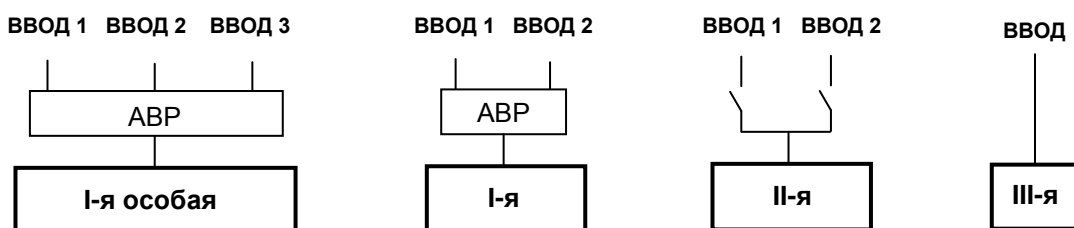
Электроприёмники, нарушение электроснабжения которых связано с массовым недоотпуском продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта.

Электроприёмники снабжаются по двум независимым линиям, перерыв допускается на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой.

III-я категория:

Все остальные электроприёмники.

Перерыв в электроснабжении не вызывает значительного ущерба. Продолжительность перерыва определяется необходимым временем на замену вышедшего из строя электрооборудования, но не более суток.



При определении категории электроприемника можно пользоваться двумя способами:

1. Перечни электрооборудования с указанием категории электроснабжения существуют в нормативных документах, как в общих, так и в отраслевых. Однако подобный способ может не учитывать определенной специфики объекта с точки зрения технологических процессов, архитектуры и наличия совершенно нового оборудования, которое ранее не применялось. Социальный и политический фактор тоже могут стать критерием выбора категории. Например, попробуйте определить по какой категории должны быть подключены веб-камеры на избирательных участках, а также сервера по обработке поступающей информации при выборах президента страны...

2. Второй способ не отменяет первый – категория должна быть не ниже указанной в нормативных документах, но необходимо анализировать и учитывать последствия отключения некоторых электроприемников для конкретного объекта, согласуя категорию с заказчиком и технологами.

Пример 1: «малая», частная стоматологическая клиника, расположенная на арендованных площадях 4-го этажа в историческом центре города. Одна операционная челюстно-лицевой хирургии. Ввод питания один. Обеспечить второй ввод или установить и согласовать ДГУ практически невозможно. В качестве аварийного источника – источник бесперебойного питания со временем поддержания 3 часа. Время работы источника автономного аварийного источника питания определяется временем гарантированного окончания операции и временем эвакуации пациентов и персонала из клиники. Формально, надежность электропитания операционной здесь не обеспечивается, однако характер проведения операций в сочетании с существующей надежностью электроснабжения вполне достаточен и, как правило, проект удается согласовать. Если это не удалось, то приходится устанавливать второй ИБП. Для определения категории надежности электрообеспечения той или иной нагрузки в данном случае вполне достаточно знания нормативных документов.

Пример 2: «большая» областная многопрофильная больница, с собственной территорией, множеством операционных и т.д. Питание от двух подстанций. В качестве аварийных источников питания ДГУ, с гарантированным временем поддержания 24 часа и локальные ИБП для поддержания некоторых электроприемников на время запуска ДГУ. Длительное время работы аварийного источника определяется значительным временем необходимым для завершения операций и сложностью эвакуации многочисленных пациентов и персонала. Если исходить из концепции «эвакуации», то для определения категорий для тех или иных электроприемников достаточно соблюдения нормативов.

Однако данная концепция имеет принципиальный недостаток по следующим причинам:

1. На практике последствия урагана или «ледяного дождя» приводят к невозможности эвакуации как таковой.
2. Имеется большое количество пострадавших, которым требуется срочная медицинская помощь.

Таким образом, больница оказывается важнейшим объектом, который должен иметь возможность функционировать в условиях техногенной или природной катастрофы. Количество нагрузок, подключенных к аварийному источнику электроснабжения, соответственно увеличивается. Определиться с подключением тех или иных нагрузок можно проведя, так называемый виртуальный тур – представить, что именно вы как пациент попадаете с травмой позвоночника в данную больницу... приемный покой, лифт для перемещения лиц с тяжелыми травмами, операционная экстренной помощи, холодильники с лекарствами и запасами крови для переливания, передвижные рентгенологические аппараты и кухня в минимальном объеме для спецпитания больных – далеко не полный перечень нагрузок для эффективной работы больницы в экстренных условиях.

Схемы электроснабжения.

На практике широкое распространение получили две основные схемы: радиальная и магистральная. При совместном использовании образуется смешанная система.

При **радиальной системе** электроэнергия поступает по независимой питающей линии к каждому потребителю. Целесообразно там, где имеются крупные сосредоточенные нагрузки. Эта система удобна в эксплуатации тем, что повреждение или ремонт линии отражается на работе только одного потребителя. Взаимное влияние оборудования друг на друга с точки зрения помех при такой схеме минимально. Чаще всего применяется для потребителей первой категории и особой группы.

Магистральная система предусматривает питание нескольких потребителей через одну или две параллельные линии с односторонним или двухсторонним питанием. Экономически более выгодна, чем радиальная.

Смешанные схемы питания получили распространение на крупных объектах, имеющих различные группы, как по мощности, так и по требованию к надежности.

3. Аварийные автономные источники электроснабжения.

Необходимость и правила применения аварийных автономных источников питания для учреждений ЛПУ определены в ГОСТ 50 571.28 (пункт 710.556 для Российской Федерации и в ТКП/ОР/ 45-4.04-86-2002 (пункт 6.). Следует отметить, что в последнем документе изложение требований дано более подробно.

Существует три основных вида источников аварийного электроснабжения со своими достоинствами и недостатками:

1. Встроенные аккумуляторы.

Широко используются для поддержания питания нагрузок с малым потреблением. К таким относятся светильники указателей выхода, охранно-пожарные сигнализации, медицинские приборы с автономным источником и передвижные хирургические светильники.

2. Источники бесперебойного питания (ИБП).

Обеспечивают непрерывное электроснабжение нагрузки в аварийных ситуациях, но использование ИБП в качестве единственного источника аварийного электроснабжения на больших мощностях и с длительным поддержанием питания нецелесообразно из-за высокой стоимости.

3. Дизель-генераторные установки (ДГУ).

Незаменимы для аварийного поддержания сети большой мощности на время более 24 часов. Современные ДГУ позволяют обеспечить автоматический запуск и поддержание сети за время менее 15 секунд. Однако установка ДГУ с учетом всех согласований в службах энерго и экологического надзора возможна лишь на территории больших больничных комплексов.

Таким образом, схмотехнические решения, обеспечивающие непрерывность энергоснабжения для объектов различной величины, будут иметь существенные различия.

Нормативы по времени поддержания аварийного электроснабжения для малых объектов, расположенных в центре города, могут быть по требованию заказчика (согласованного с министерством здравоохранения и включенного в техническое задание) снижены до 1,5 - 3 часов при условии невозможности установки ДГУ и короткого времени необходимого для эвакуации пациентов и времени завершения операций.

Общая схема аварийного электроснабжения для малой клиники.

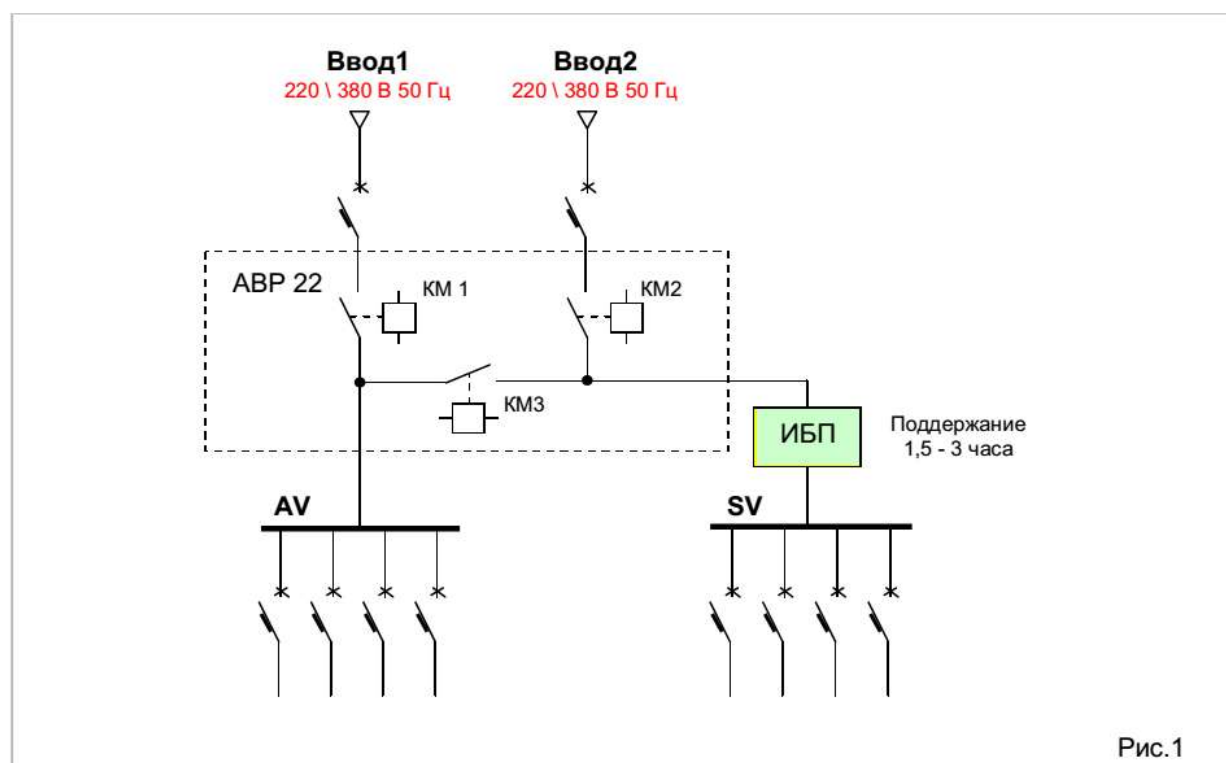
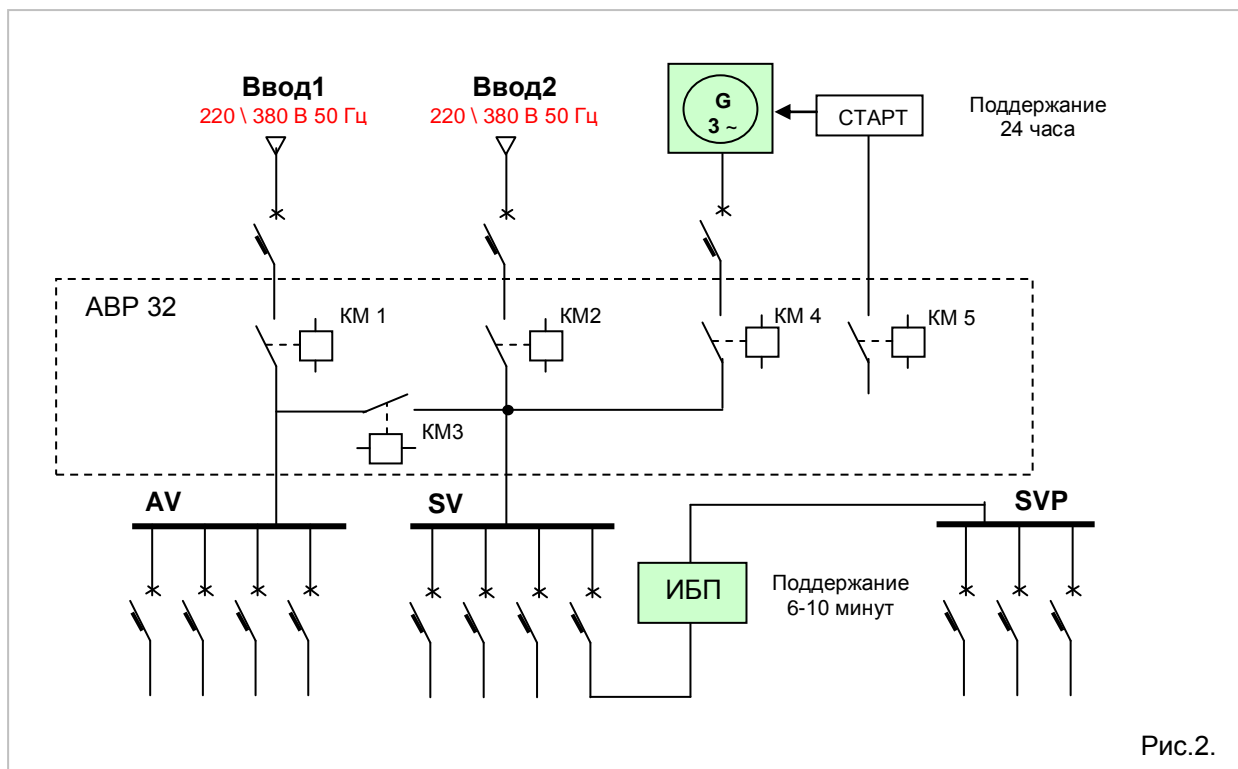


Рис.1

Общая схема аварийного электроснабжения для большой клиники.



В данной схеме ИБП обеспечивает непрерывное питание группы нагрузок на время переключений и запуска ДГУ.

Особенности выбора, интегрирования и размещения ИБП.

Применение одного централизованного источника или нескольких зависит в первую очередь от архитектуры здания и возможности размещения ИБП с учетом условий эксплуатации и выбора конкретной модели изделия.

1. Весовые и габаритные параметры изделия.

Например 1. Источник бесперебойного питания

SitePro 20kVA S8 (подразделения Consumer & Industrial (Швейцария), корп. General Electric) со временем поддержания 3 часа при нагрузке 15 кВт имеет следующие габариты и вес:

Системный блок ИБП – 680 x 800 x 1450 мм (ШхГхВ) и вес 250 кг

Батарейный кабинет – 1318 x 1150 x 725 мм 2 шт. при весе 1005 кг каждый !

Соответственно пол помещения должен выдерживать минимум 2,5 т нагрузки, что иногда приводит к необходимости изготовления разгрузочной сварной рамы или (при возможности) заливка дополнительной бетонной подушки.

Пример 2. Источник бесперебойного питания

SitePro 60kVA SG-CE со временем поддержания 10 мин

Системный блок ИБП – 750 x 800 x 1450 мм (ШхГхВ) и вес 475 кг.

Батарейный кабинет – 1318 x 1150 x 725 мм 1 шт. вес 960 кг.

Из выше приведенных примеров следует, что на мощностях более 10 кВА батарейный блок уже идет отдельно и имеет значительно большие габариты и вес.

2. Технологическая зона.

Для каждого подобного рода изделия должна быть предусмотрена технологическая зона, необходимая для монтажа, обслуживания и обеспечения необходимой вентиляции устройства. Эту информацию необходимо получить у поставщика после выбора модели.

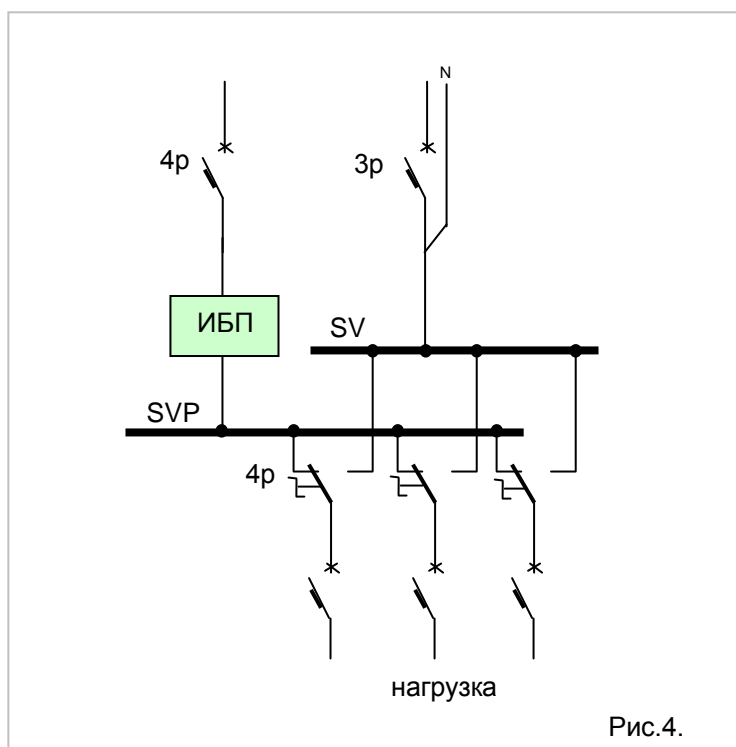
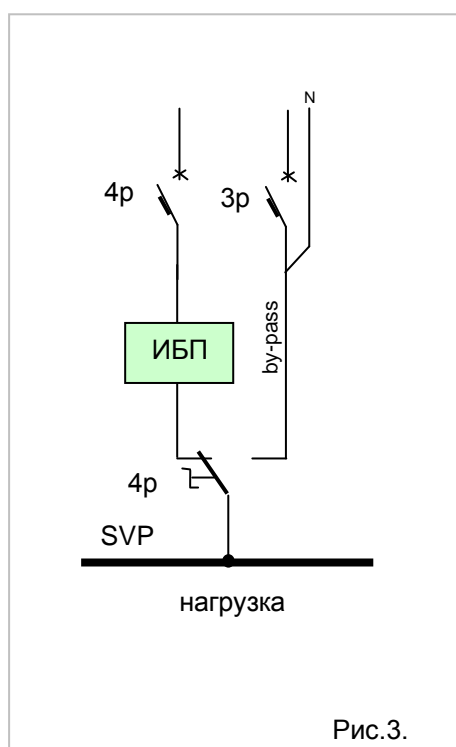
3. Тепловыделение.

КПД источников бесперебойного питания в режиме on-line колеблется в пределах от 87 до 94%, что приводит к значительному тепловыделению и необходимости обеспечения вентиляции помещения. Главная причина необходимости соблюдения температурного режима это аккумуляторные батареи.

Нарушение температурного режима (норма в среднем 20°C) приводит к резкому сокращению их ресурса, что в итоге скажется на надежности электроснабжения ответственных нагрузок.

На некоторых моделях имеется режим (например Super-ECO для GE) позволяющий ИБП работать с КПД до 98%. Фактически он представляет собой работу через электронный by-pass со временем переключения в рабочий режим за время близкое к 2 мс. Наличие такого режима существенно упрощает задачу вентиляции помещения, ведь аварийный режим ИБП со штатными батареями не превышает нескольких минут и температура в помещении не успевает измениться до критической величины.

Цепи by-pass для источников бесперебойного питания.

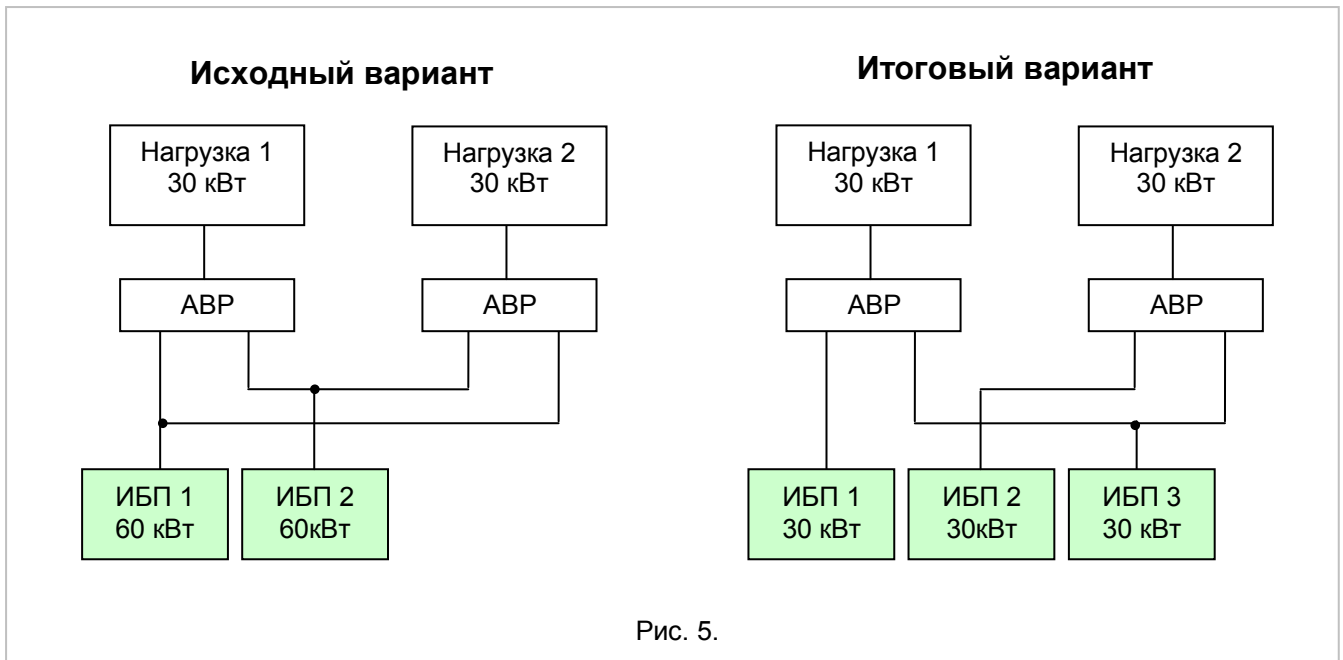


На рис.3 приведена классическая схема. На рис.4 для объектов, где предполагается перспективное изменение схемы электроустановки с возможностью выбора аварийного поддержания нагрузки: только ДГУ или ДГУ + ИБП. Но для всех вариантов обязательным является переключение нейтрали.

При выборе источников бесперебойного питания предпочтение стоит отдавать ИБП с параллельной архитектурой, в которой имеется возможность наращивания мощности и проведения технического обслуживания без прерывания электроснабжения. Одновременно с этим повышается надежность аварийного электроснабжения за счет «горячего» резервирования источников работающих параллельно.

На рисунке 5 приведена схема питания ответственной нагрузки с использованием АВР.

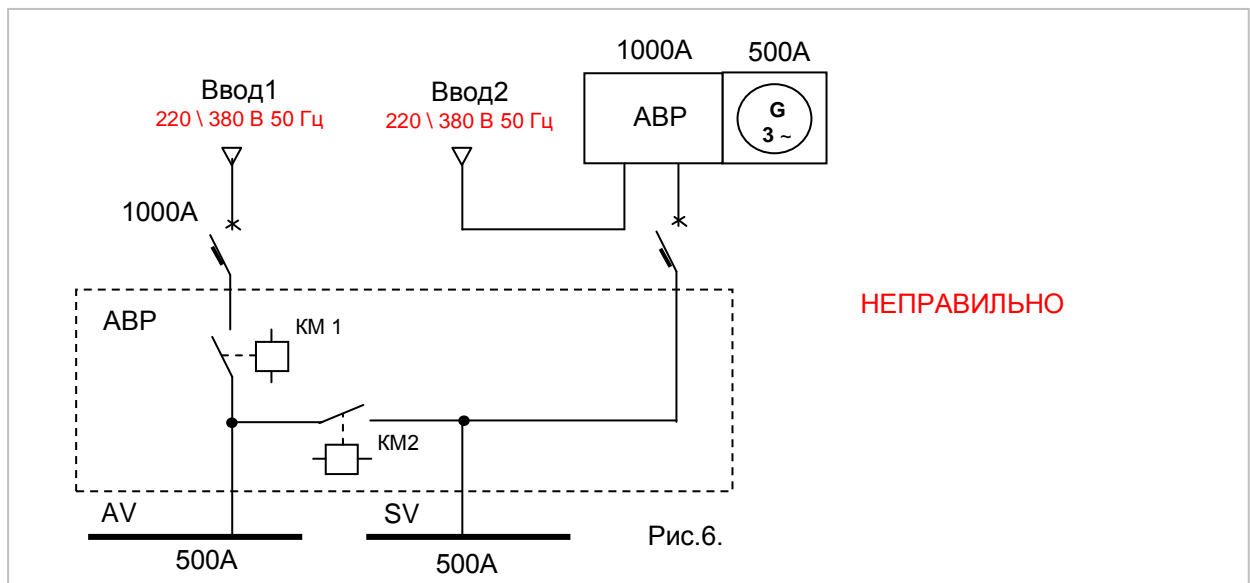
В исходном варианте было предложено устанавливать ИБП двойной мощности для резервирования сразу двух нагрузок с учетом возможного выхода из строя любого из ИБП. В итоговом варианте удалось сократить общую мощность источников в полтора раза без ухудшения надежности, что в итоге сказалось на стоимости проекта.



Схемы подключения и выбор ДГУ.

Существует три наиболее распространенных варианта интеграции ДГУ в электроустановку.

На рис.6 приведен пример схемы с использованием АБР, входящего в состав ДГУ.



Практическое применение данной схемы с учетом разделения нагрузок и поддержания с помощью ДГУ только нагрузок SV представляется весьма нерациональной по следующим причинам:

1. Существенно увеличивается длина силового кабеля.
2. Мощность АБР ДГУ должна соответствовать мощности вводов, притом, что сама ДГУ имеет половинную мощность.
3. Усложняется проблема согласования и определения границ ответственности между объектом и кабельными сетями.
4. Схема управления согласованной работы вводов и ДГУ в аварийных ситуациях стандартными средствами не реализуется.

На рис.7. приведен пример подключения ДГУ с собственным АВР в разрыв линии SV.

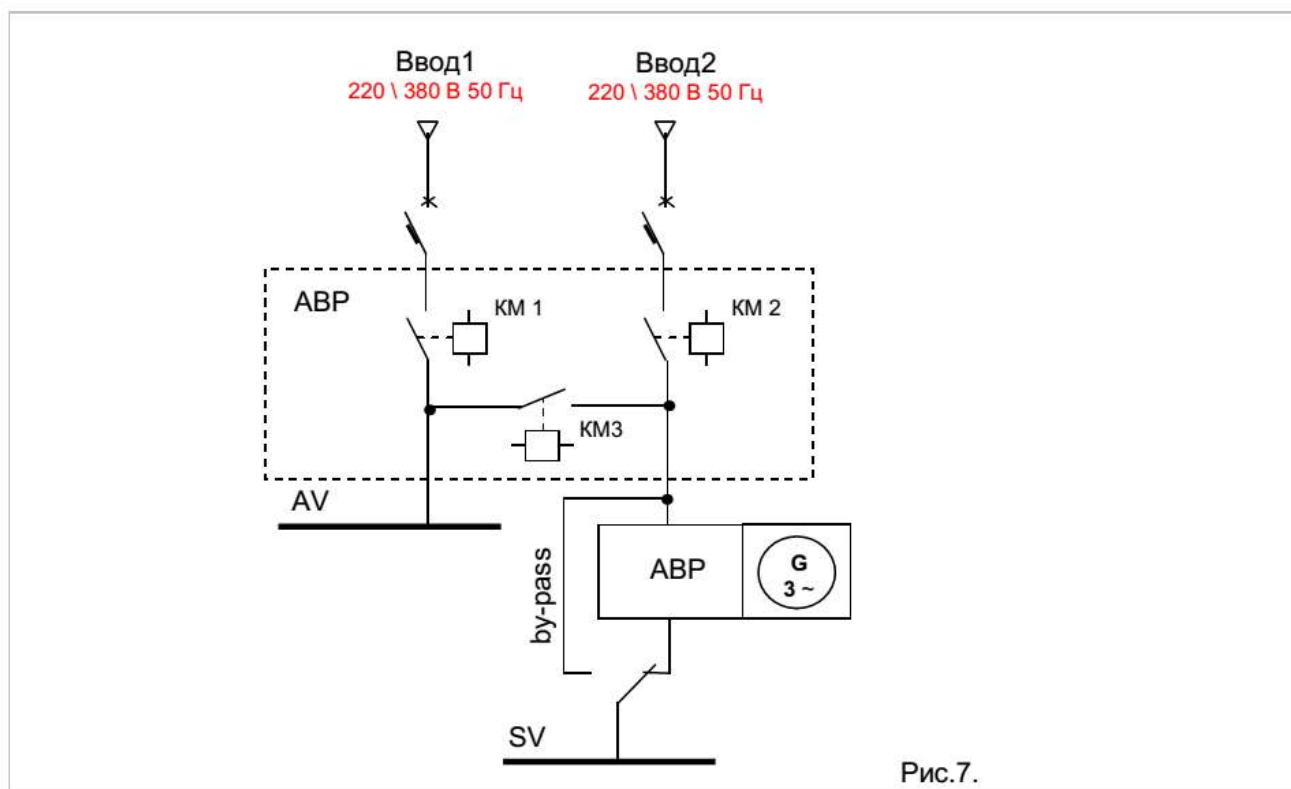


Рис.7.

Данная схема является практически классической и широко распространена не только для учреждений ЛПУ. Но по отношению к схеме приведенной на рис.2 несколько дороже, так как АВР входящий в состав ДГУ дороже, чем часть общего входного АВР и требуется прокладка двух силовых кабелей вместо одного. Последний момент может оказаться весьма существенным при значительном удалении ДГУ.

4. Подключение и управление запуском ДГУ.

Представленная схема дает общее представление о подключении и алгоритме запуска дизель-генераторных станций без собственного АВР.

Помимо основного силового кабеля подключения нужно предусмотреть кабели «управления пуском» и «собственные нужды ДГУ».

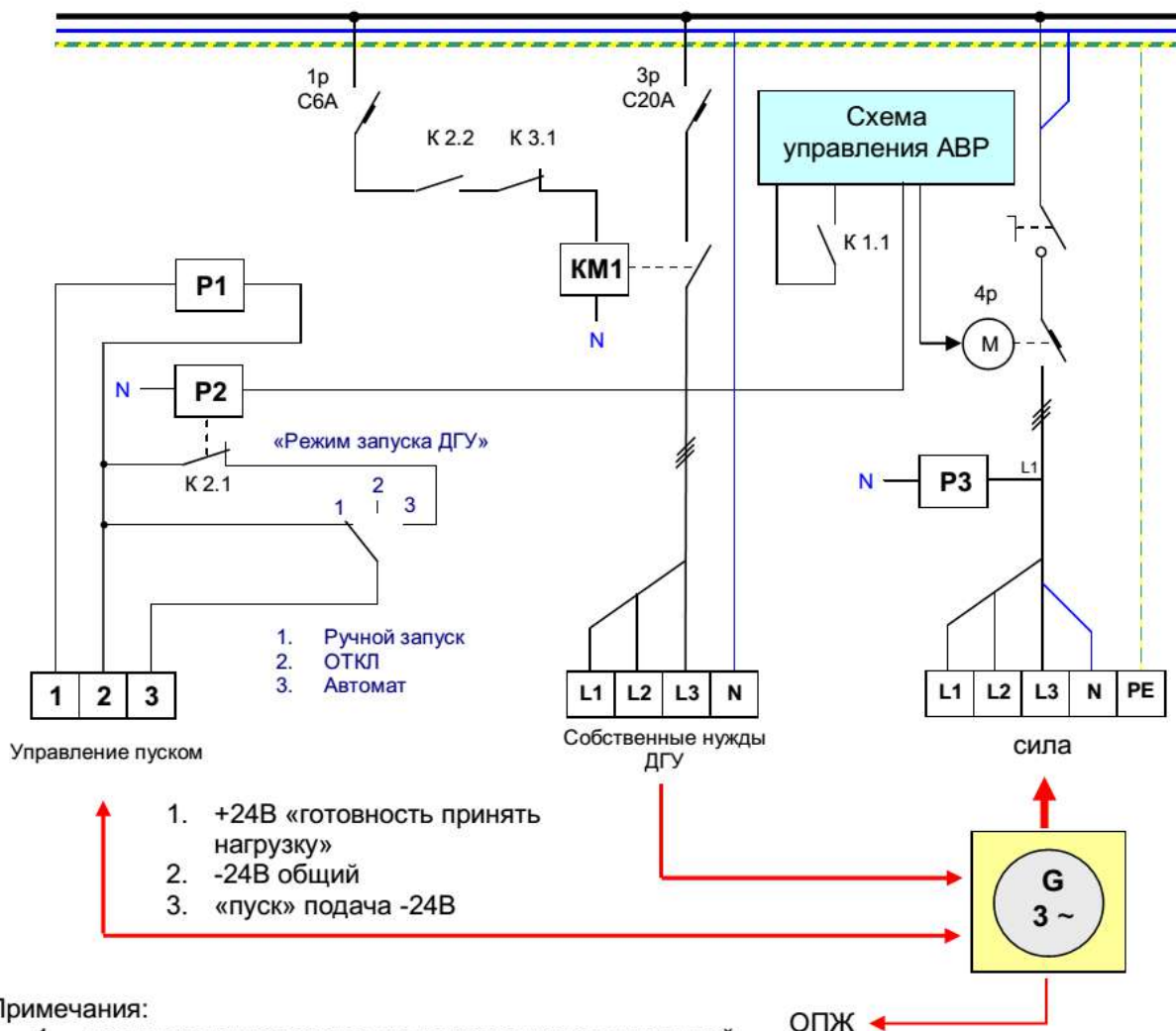
Линия «собственные нужды ДГУ» обеспечивает питание систем контейнера и самого ДГУ включая: освещение, система подогрева, зарядка аккумуляторов и тд.

Сложность заключается в том, что в момент запуска ДГУ питание с этого кабеля должно быть снято, что предусматривается контактором КМ1. В зависимости от модели ДГУ, питание собственных нужд может быть как трехфазным, так и однофазным. Указанный трехфазный автомат С20А обеспечивает возможность подключения практически любой модели.

Алгоритм управления запуском:

При пропадании напряжения на секционной шине отключается реле Р2, замыкается контакт К2.1, подавая сигнал -24В на запуск ДГУ. Одновременно это же реле обесточивает КМ1.

Спустя несколько секунд при выходе генераторной установки в рабочий режим на клемник «1» от ДГУ поступает напряжение +24В, являющееся сигналом готовности принять нагрузку. Включение реле Р1 означает для системы управления АВР команду на подключение силовой линии от ДГУ. При восстановлении напряжения основных вводов производится отключение силовой линии ДГУ и включается Р2, которое снимает -24В с клемника «3».



Примечания:

1. представленная схема не является исполнительной, а дает лишь общее представление о подключении и запуске ДГУ.
2. В проекте достаточно лишь указать клеммы подключения и кабельные линии, а реализация схемы управления – задача производителя ГРЩ.

ОПЖ

5. Щиты автоматического ввода резерва (АВР).

Предназначены для автоматического переключения нагрузки на резервный ввод или дизель генераторную установку в случае пропадания напряжения на основном вводе. АВР могут быть выполнены как самостоятельное изделие, так и интегрированы в состав ГРЩ или этажных распределительных щитов. Степень защиты в зависимости от условий эксплуатации от IP 20 до IP 54. Ниже приведены описания типовых схем различных вариантов АВР в зависимости от количества вводов и секций нагрузок. Все выполняемые схемы имеют механическую и электронную блокировку, исключающую замыкания по вводам.

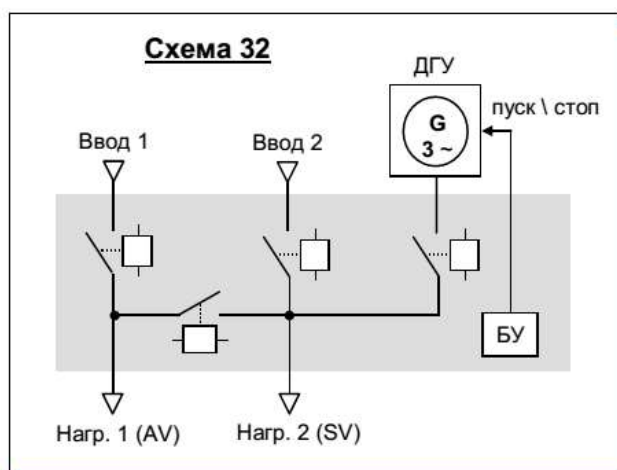
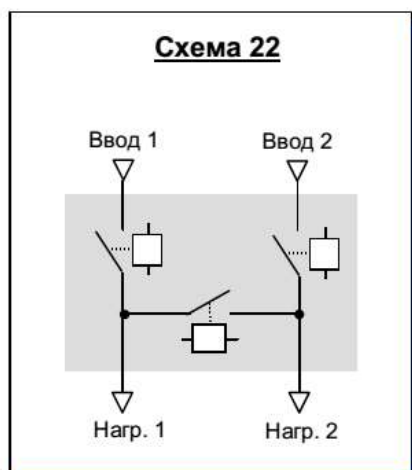
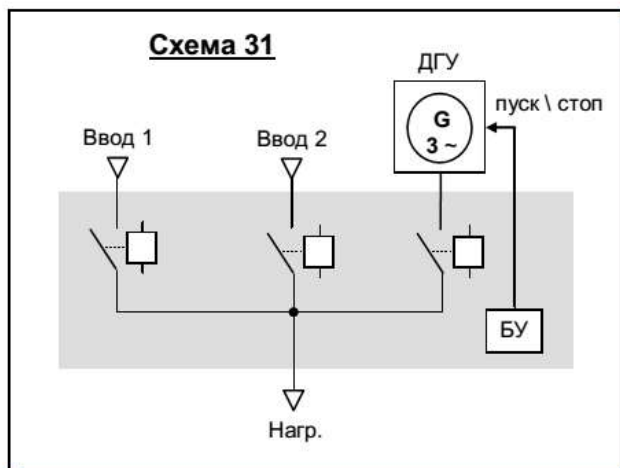
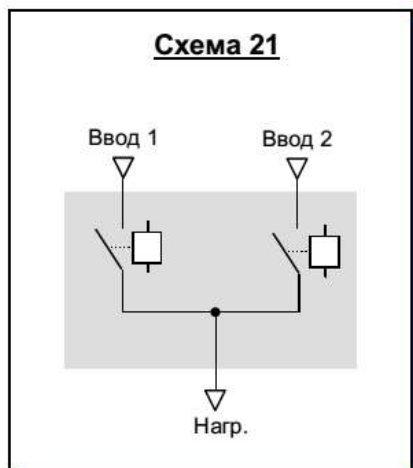


Схема 21. Классическая схема с контролем по обоим вводам и переключением нагрузки на резервный ввод при аварии основного.

Схема 31. По данной схеме при аварии на обоих вводах производится автоматический запуск ДГУ и подключение к нему нагрузки. При восстановлении напряжения на любом вводе – автоматическое переключение в исходное состояние.

Схема 22. Особенность схемы в том, что питание каждой группы нагрузки в штатном режиме осуществляется от своего ввода. При аварии одного из вводов вся нагрузка переключается на рабочий ввод.

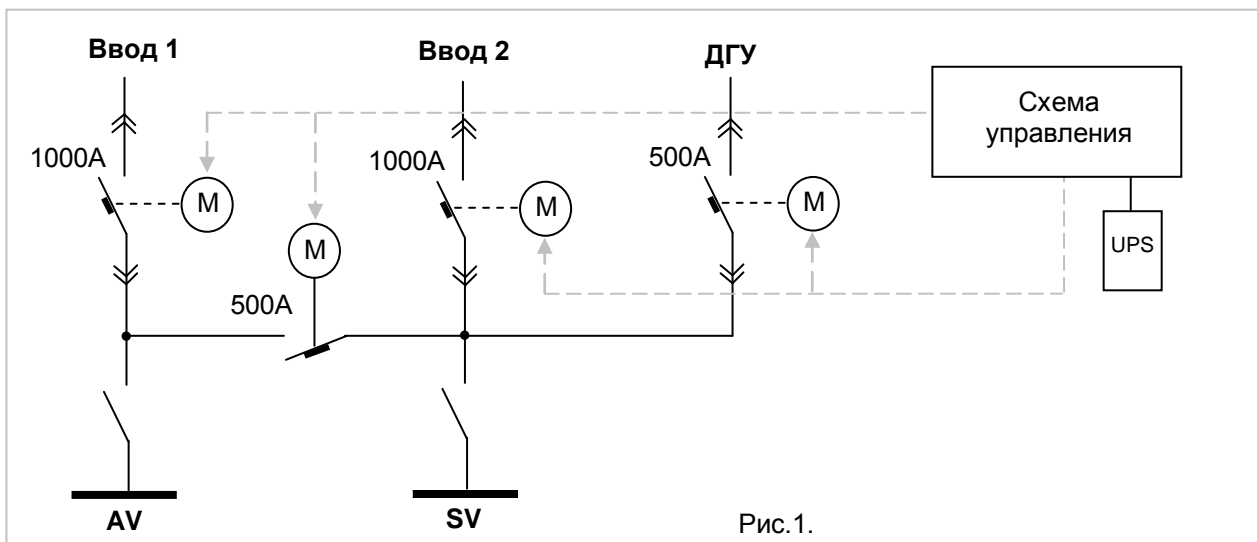
Схема 32. Нагрузки разделены на две группы. Соответственно существуют две сети питания. AV – рабочая сеть. SV – сеть защищенного электропитания. К последней подключаются жизненно важные группы нагрузок (операционные блоки, дежурное, аварийное и эвакуационное освещение, охранно-пожарная сигнализация, лифтовое оборудование и тд.). В случае возникновения аварии по двум вводам сразу ДГУ поддерживает питание только группу нагрузок SV, что позволяет значительно уменьшить мощность ДГУ и соответственно стоимость.

Построение систем АВР.

Реализация систем автоматического резерва зависит от выбора элементной базы. Наиболее распространенными на данный момент являются:

- на термомагнитных автоматах с моторными приводами
- на переключателях с моторными приводами
- на магнитных контакторах

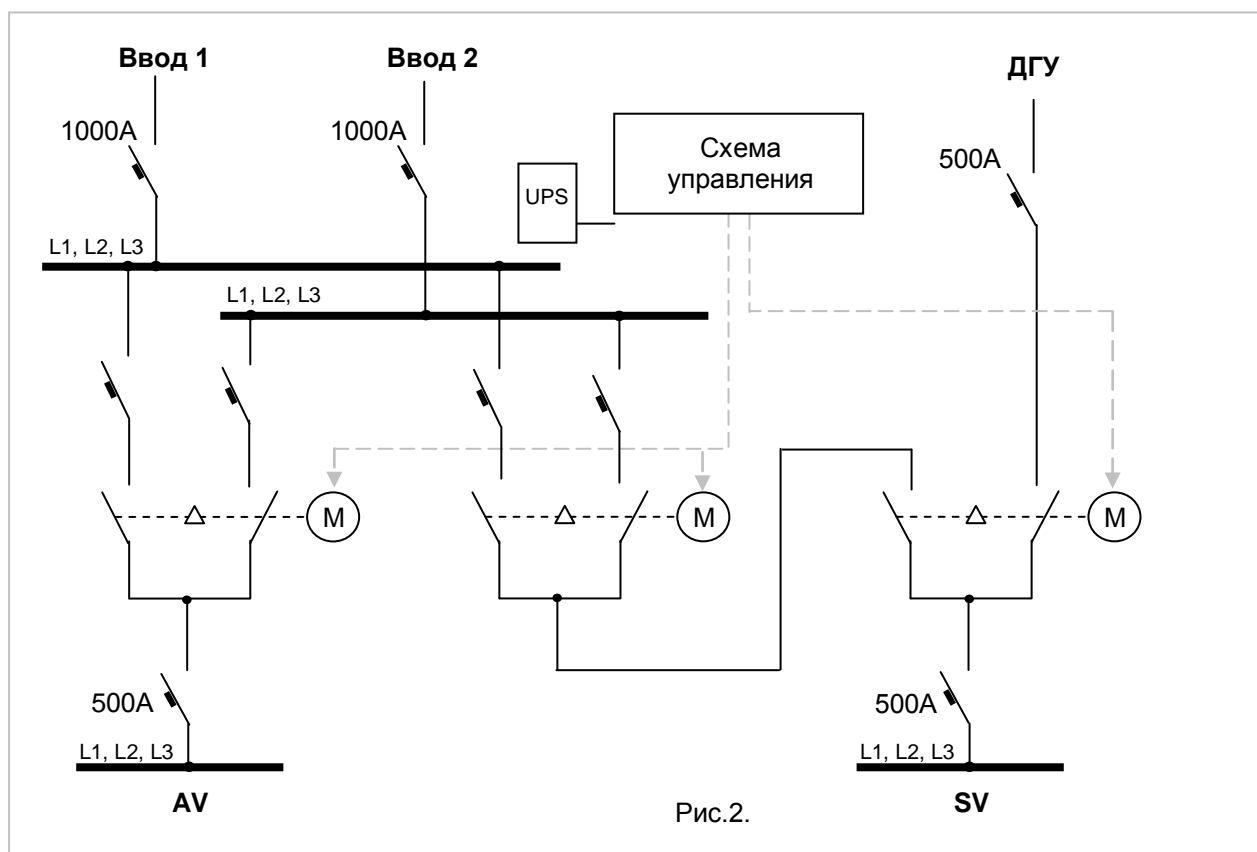
На рис 1. приведена схема АВР на автоматах с моторным приводом.



К несомненным достоинствам схемы относится простота и наглядность силовой части, компактность и стоимость, особенно при токах более 400А.

К серьезным недостаткам можно отнести время переключения, составляющие от одной до несколько секунд и, как правило, отсутствие механической блокировки, исключающей взаимное пересечение вводов.

На рис.2 приведена схема АВР на переключателях с моторными приводами.



Переключатели с моторным приводом имеют время переключения порядка 1 – 2 с, механическую блокировку и возможность ручного механического переключения при отказе моторного привода.

На рис.3. приведена схема силовой части АВР на магнитных контакторах.

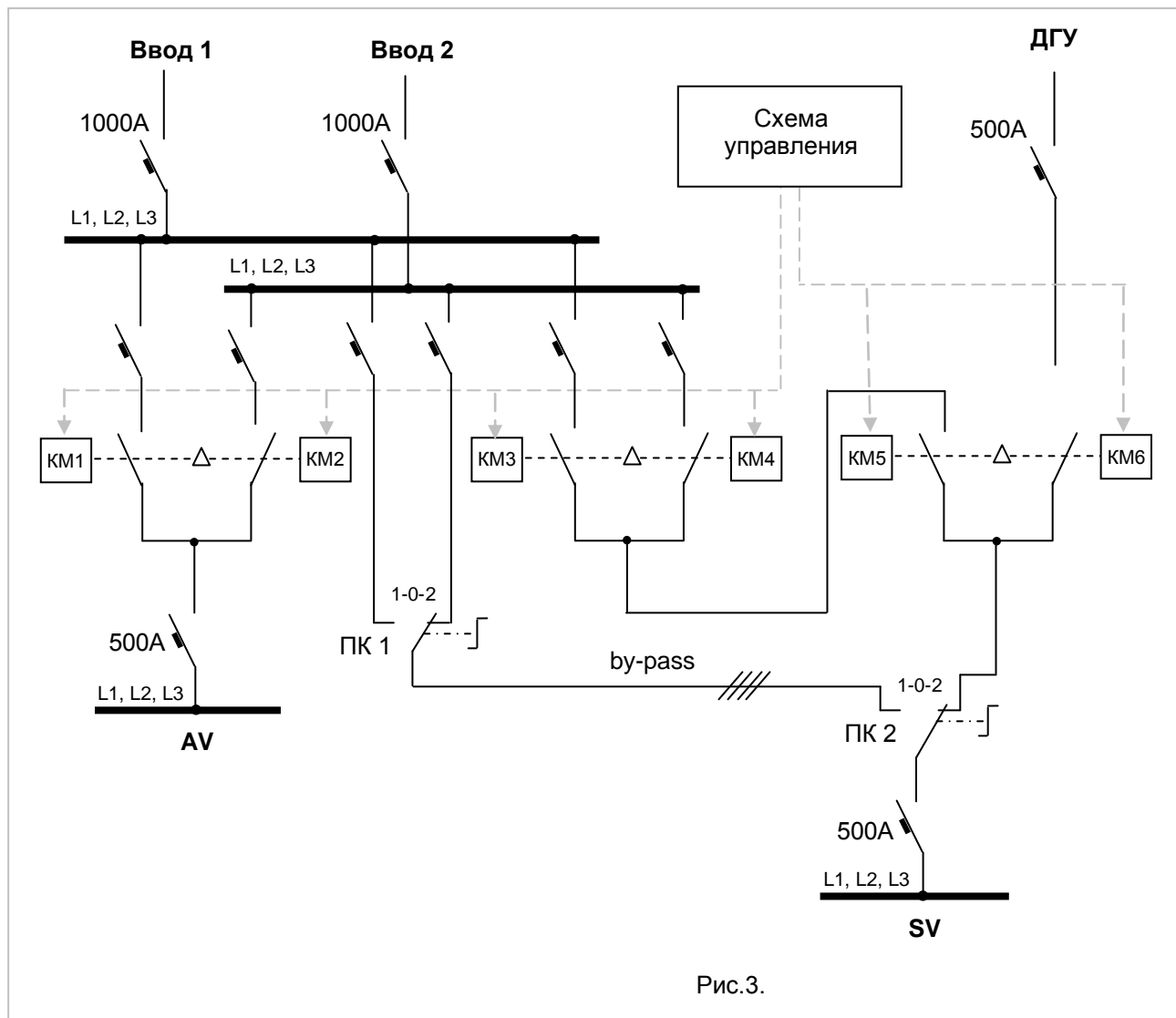


Рис.3.

Данная схема применяется при необходимости обеспечения времени переключения менее 0,5 с. Следует обратить внимание на наличие цепи by-pass с двумя ручными переключателями, позволяющей в случае аварии контакторов нагрузки SV быстро восстановить питание. Мощность подобных АВР ограничена контакторами, максимальный ток которых составляет 1650А.

При строительстве крупных объектов с точки зрения сокращения стоимости электроустановки целесообразно вместо одного ГРЩ с токами более 1500А проектировать и изготавливать два – три ГРЩ, что в итоге снижает стоимость щитового оборудования и монтажа.

Вне зависимости от выбранной схемы необходимо проводить анализ проекта на случай аварийной ситуации при отказе ключевых элементов электроустановки.

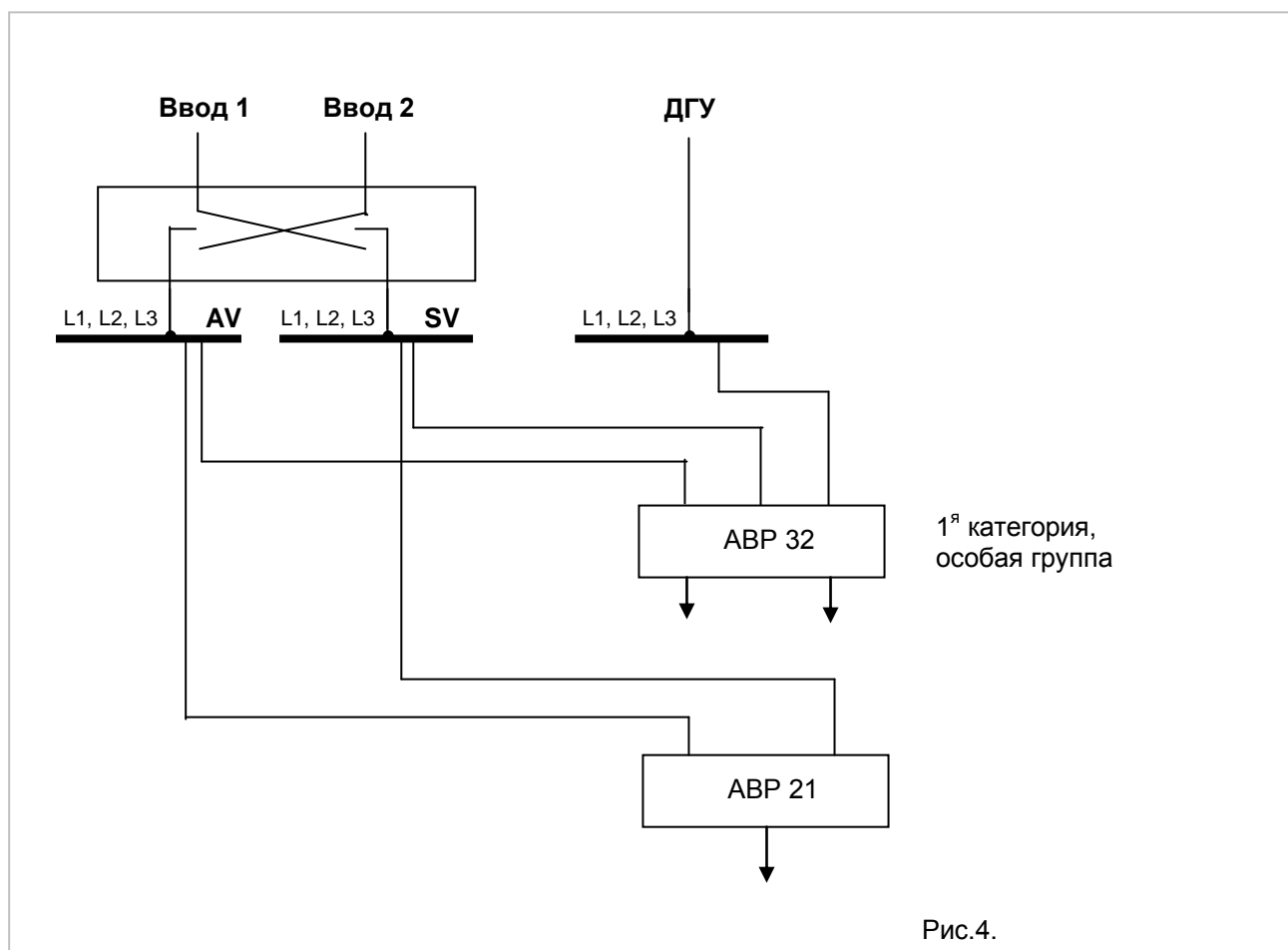
Любое устройство имеет определенную степень надежности. Для систем АВР, с учетом статистики, можно определить следующий ряд, с учетом убывания вероятности отказа:

1. Отказ системы управления
2. Поломка электромагнитного контактора
3. Отказ моторного привода
4. Электрические соединения
5. Термагнитные автоматы

Указанный ряд является приблизительным и может меняться в зависимости от применяемых комплектующих, степени резервирования, внешних факторов воздействия, качества сборки и квалификации обслуживающего персонала.

	устройство	Аварийные мероприятия / время	Ремонт / время
1	Система управления АВР	Переход на ручной режим управления, 5 - 20 мин.	Замена модуля из ЗИПа, 30 мин
2	Электромагнитный контактор	Переключение на by-pass, если таковой имеется...5 – 20 мин.	Замена контактора из ЗИПа, 1 – 2 ч.
3	Моторный привод	Ручное механическое переключение, 5 – 20 мин.	Замена моторного привода из ЗИПа, 1 –2ч.
4	Автомат	Шунтирование проводниками, 30 – 60 мин.	Замена автомата
5	Электрические соединения	Необходимо периодически проверять и подтягивать контактные соединения, особенно это касается клемников и автоматов с «лифтовым» соединением. После монтажа электроустановки, спустя 2 недели и далее 1 раз в год.	

На рис.4 представлена комбинированная схема с использованием этажных АВР с малым временем переключения и ручных переключателей на вводе. Количество и тип АВР выбирается в зависимости от требований по аварийному электроснабжению нагрузок различных категорий.



6. Защитное и рабочее заземление. Уравнивание потенциалов.

Определения:

Защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности. (ПУЭ п.1.7.29)

Рабочее (функциональное) заземление – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности). (ПУЭ п. 1.7.30)

Определение FE для сетей питания информационного оборудования и систем связи дано в следующих пунктах:

«Функциональное заземление: заземление для обеспечения нормального функционирования аппарата, на корпусе которого по требованию разработчика не должен присутствовать даже малейший электрический потенциал (иногда для этого требуется наличие отдельного электрически независимого заземлителя)» **ГОСТ Р 50571.22-2000 п. 3.14 (707.2)**

«Функциональное заземление может выполняться путем использования защитного проводника (РЕ-проводника) цепи питания оборудования информационных технологий в системе заземления TN-S.

Допускается функциональный заземляющий проводник (FE-проводник) и защитный проводник (РЕ-проводник) объединять в один специальный проводник и присоединять его главной заземляющей шине (ГЗШ)» **ГОСТ Р 50571.21-2000 п. 548.3.1**

Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части:

- 1) нулевой защитный РЕ- или PEN- проводник питающей линии в системе TN;
- 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;
- 3) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;
- 4) металлические трубы коммуникаций , входящих в здание...
- 5) металлические части каркаса здания;
- 6) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования....
- 7) заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категории;
- 8) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если таковое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
- 9) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов. (ПУЭ п. 1.7.82.)

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток. (ПУЭ п. 1.7.83.)

ГОСТ Р 50571.3-94

413.4 Система местного уравнивания потенциалов.

Незаземленная система местного уравнивания потенциалов предназначена для предотвращения появления опасного напряжения прикосновения.

413.4.1. Все открытые проводящие части и сторонние проводящие части, одновременно доступные для прикосновения, должны быть объединены.

413.4.2. Система местного уравнивания потенциалов не должна иметь связи с землей ни непосредственно, ни посредством открытых или сторонних проводящих частей.

Обозначения:

РЕ – защитное заземление

FE – рабочее (функциональное, технологическое) заземление

Функциональное заземление применительно к учреждениям ЛПУ - для обеспечения нормальной, без помех работы высокочувствительной электроаппаратуры при питании от разделительного трансформатора или согласно техническим требованиям на некоторые виды оборудования (электрокардиограф, электроэнцефалограф, реограф, рентгеновский компьютерный томограф и тп.) в помещениях операционных, реанимационных, родовых, палатах интенсивной терапии, кабинетах функциональной диагностики и других помещениях при установке в них указанной аппаратуры.

При отсутствии особых требований изготовителей аппаратуры общее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства не должно превышать 2 Ом.

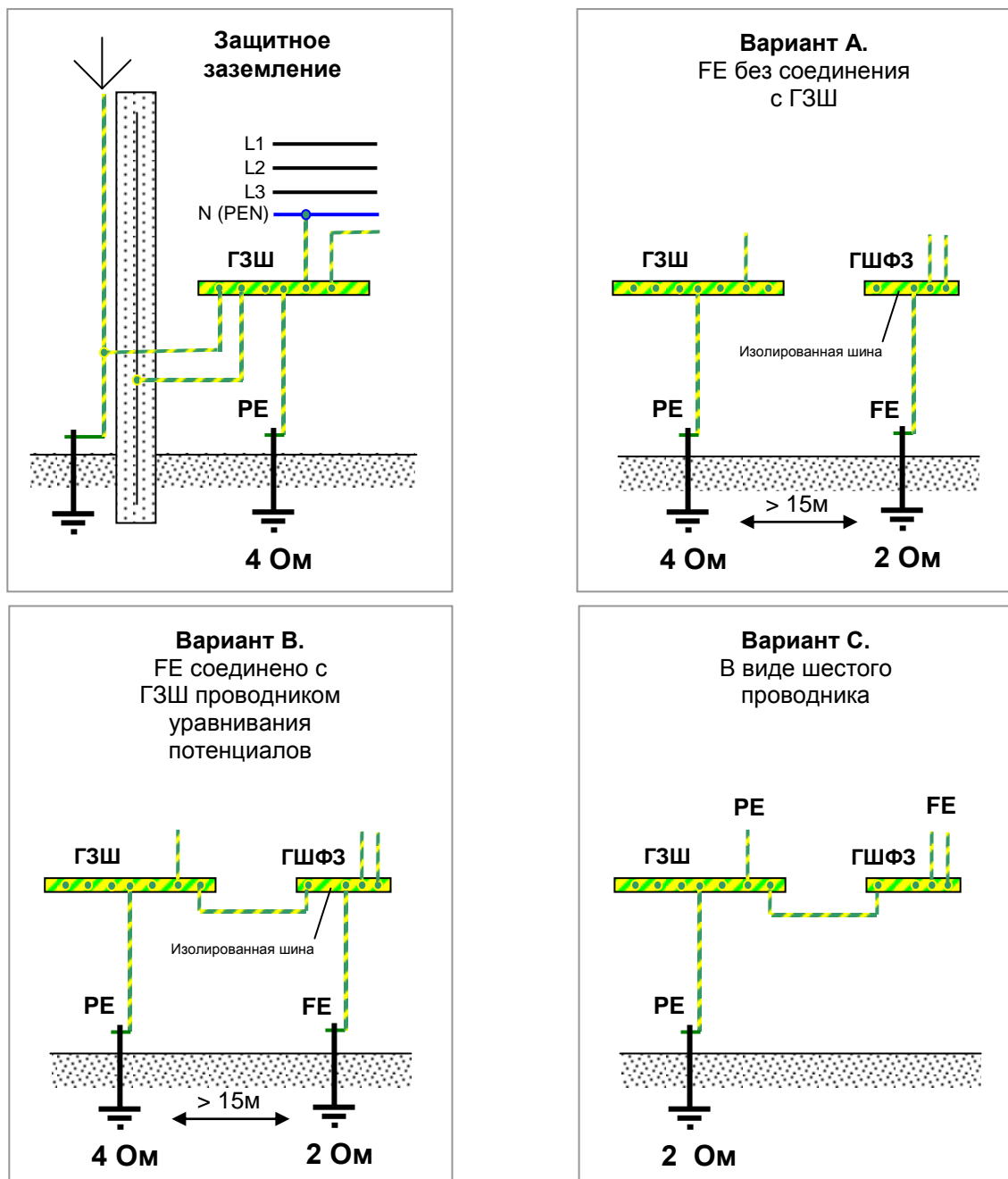


Рис.1. Схема построения защитного заземления и варианты выполнения функционального заземления.

Где **ГЗШ** – главная заземляющая шина защитного заземления.

ГШФЗ – главная шина функционального (рабочего) заземления.

Вариант «А», с точки зрения электробезопасности, допустим только при условии, что аппаратура питается от разделительного трансформатора (IT – сеть).

Использовать данный вариант для сетей типа TNS категорически не рекомендуется !

Рассмотрим простой пример:

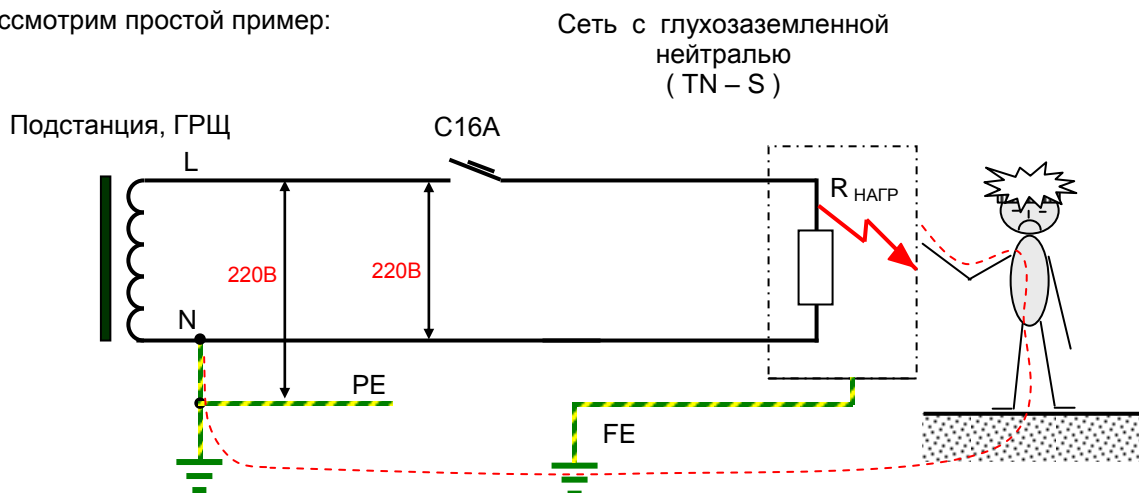


Рис.2. Схема протекания тока замыкания на корпус аппарата при использовании независимого функционального заземления в сети типа TN.

Так как функциональное заземление в отличие от защитного не имеет точки соединения с ГЗШ, а соответственно с нейтралью, то токи короткого замыкания составят не сотни и тысячи ампер, как это происходит при защитном заземлении, а всего лишь десятки ампер. Ситуация усугубится при условии, что FE по заданию выполнено 10 Ом, а в цепи отсутствует УЗО (вычислительная техника, томографы, рентгеновское оборудование и тд.).

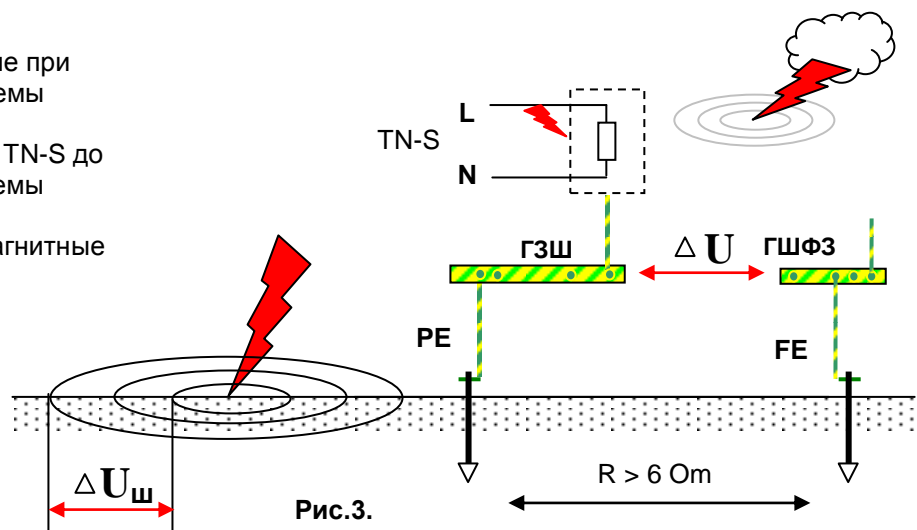
Максимальный ток короткого замыкания составит 15,7А.

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{220 \text{ (В)}}{4 + 10 \text{ (Ом)}} = 15,7 \text{ (А)}$$

При данной схеме питания лучше воспользоваться вариантом «В» или «С», особенно если речь идет о мощном стационарном оборудовании (рентгенаппараты, МРТ и тд.).

Помимо сказанного выше, ситуация (с точки зрения электробезопасности) осложняется вероятностью возникновения разности потенциалов на отдельных системах заземления, тем более если эти системы заземления находятся в пределах одного помещения см. рис.3.

1. Шаговое напряжение при срабатывании системы молниезащиты.
2. КЗ на корпус в сети TN-S до срабатывания системы защиты
3. Внешние электромагнитные поля



Вариант «В» удобен при реконструкции уже действующих объектов. Функциональное заземление при этом нередко выполняют с использованием составного, глубинного заземлителя. Вторым положительным моментом – функциональные заземлители и заземлители защитного заземления, связанные между собой проводником уравнивания потенциалов, взаимно дублируют друг друга, увеличивая надежность системы заземления. Недостатки по электробезопасности, по сравнению с вариантом «А», либо отсутствуют, либо эффективно снижаются в десятки раз, а «лучевая» схема заземления обеспечивает стабильную работу оборудования.

Вариант «С» последнее время получает широкое распространение при проектировании новых объектов и соответствует высокому уровню электробезопасности.

В отечественных нормативных документах существуют противоречия в необходимости применения функционального заземления для заземления высоковольтной и ответственной медицинской аппаратуры. Ниже приведена таблица с указанием документов относящихся к данной теме.

<u>ТОЛЬКО ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ</u>	<u>ЗАЩИТНОЕ + ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ</u>
РТМ – 42 – 80	ПУЭ, гл. 1.7.3, 1.7.85, 1.7.104
	ТКП/ОР/45-4.04-86-2008 (Белоруссия)
Европейские стандарты	Пособие по проектированию учреждений здравоохранения к СНиП 2.08.02-89
ГОСТ 50571.28 - 2007	

РТМ – 42 – 80 потеряла свое значение с выходом ГОСТ 50571.28.

Европейские и белорусские нормативы на территории РФ не действуют. Пособие по проектированию фактически носит рекомендательный характер. В итоге высшим приоритетом обладает ГОСТ. Однако о функциональном заземлении в нем нет ни слова и нет прямого указания, к чему подключать заземляющие контакты на розетках консолей жизнеобеспечения при питании от разделительного трансформатора.

Выходом из сложившейся ситуации, отчасти, может стать технический циркуляр АССОЦИАЦИИ «РОСЭЛЕКТРОМОНТАЖ» № 24/ 2009 утвержденный 01.07.2009г.

Приводим дословно:

« ...Устройство независимых заземлителей для защитного и/или функционального заземления медицинского оборудования, не подключенных к ГЗШ, в зданиях с медицинскими помещениями не допускается...»

Таким образом, из всех вариантов построения функционального (рабочего) заземления допустимыми являются вариант «В» или «С».

Защитное заземление.

Операционные помещения должны иметь защитную заземляющую шину из меди сечением не менее 80 мм², либо из другого материала с эквивалентным по проводимости сечением. Удельное электрическое сопротивление для различных проводников дано в таблице 1.

Таблица 1.

Материал проводника	Удельное сопротивление мкОм х м	Коэффициент сопротивления по отношению к меди	Требуемое сечение для шины заземления мм ²
Медь	0,017	-	80
Сталь	0,1	5,88	470

Примечание: традиционно используется стальная шина 40 x 4 недостаточная по сечению, если рассматривать с формальной точки зрения, однако с практической точки зрения шина такого сечения решает все необходимые задачи.

Операционный стол, наркозный аппарат и вся электромедицинская аппаратура, выполненная по 01 и 1 классам электробезопасности, должны быть соединены с шиной заземления проводниками (проводники уравнивания потенциалов).

Минимальное сечение заземляющего проводника, имеющего механическую защиту, должно быть $2,5 \text{ мм}^2$, а не имеющего механической защиты – 4 мм^2 (ПВ-3).

Все штепсельные розетки должны быть с заземляющими контактами с сечением проводников подключения $2,5 \text{ мм}^2$.

Выбор сечения заземляющего проводника в составе кабеля питания см. табл 2.

Таблица 2.

Сечение питающего проводника мм^2	Сечение заземляющего проводника мм^2
менее или равно 16	равно питающему
от 16 до 35	не менее 16
более 35	$1/2$ питающего

При расположении шины заземления по всему периметру операционной шину выравнивания потенциалов (РА) не устанавливают.

Шина заземления крепится к стене с плотным прилеганием. Щели недопустимы.

В случае, если стены зашиты специальными панелями для чистых помещений, то шина заземления должна проходить по капитальной стене, а в панелях располагаются специальные розетки заземления (РЗ – 01), соединенные с основной шиной заземления проводником сечением 4 мм^2 . Рекомендуемое расстояние между розетками заземления 1,5 м.

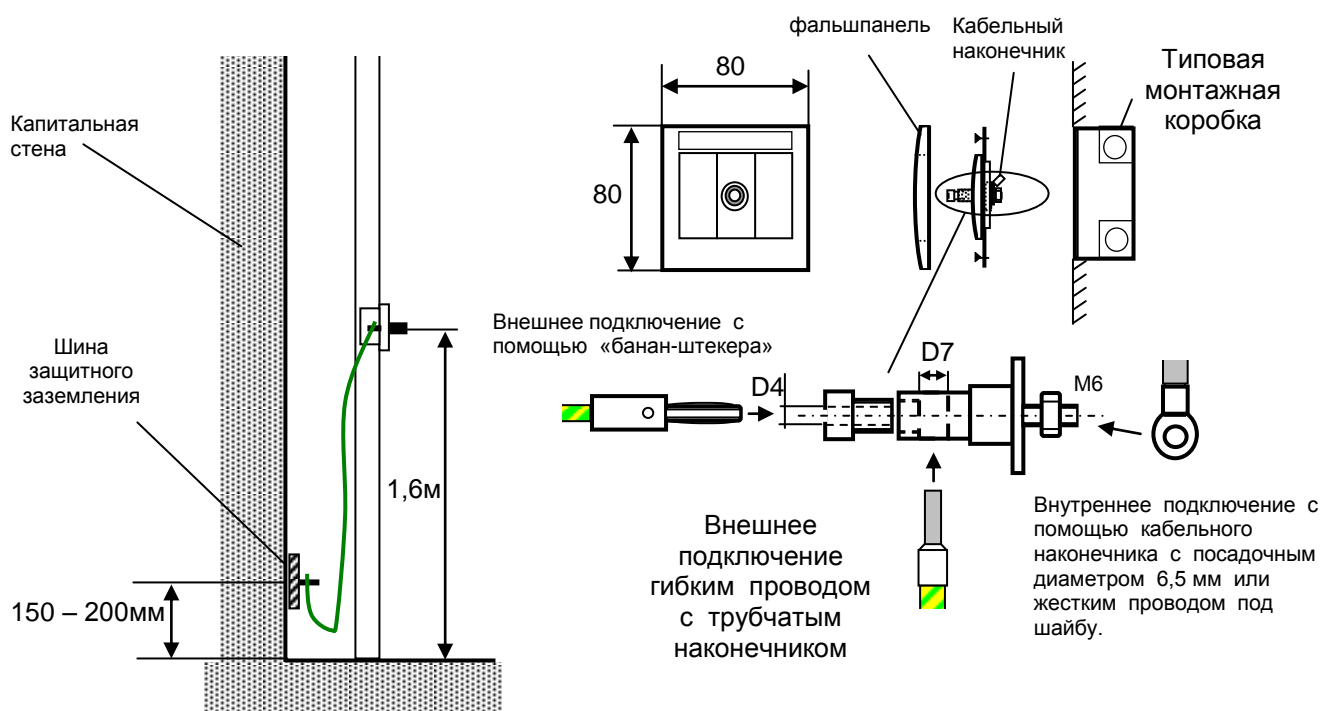


Рис.4.

Примечание: расположение розеток заземления у самого пола, как правило, приводит к их разрушению за счет перемещения каталок или стоек с аппаратурой в процессе эксплуатации. Во-вторых, сам процесс подключения гораздо удобнее, если розетка заземления расположена в районе розеток питания аппаратуры.

На рис.6. приведен один из вариантов организации систем заземления в помещении группы 2.

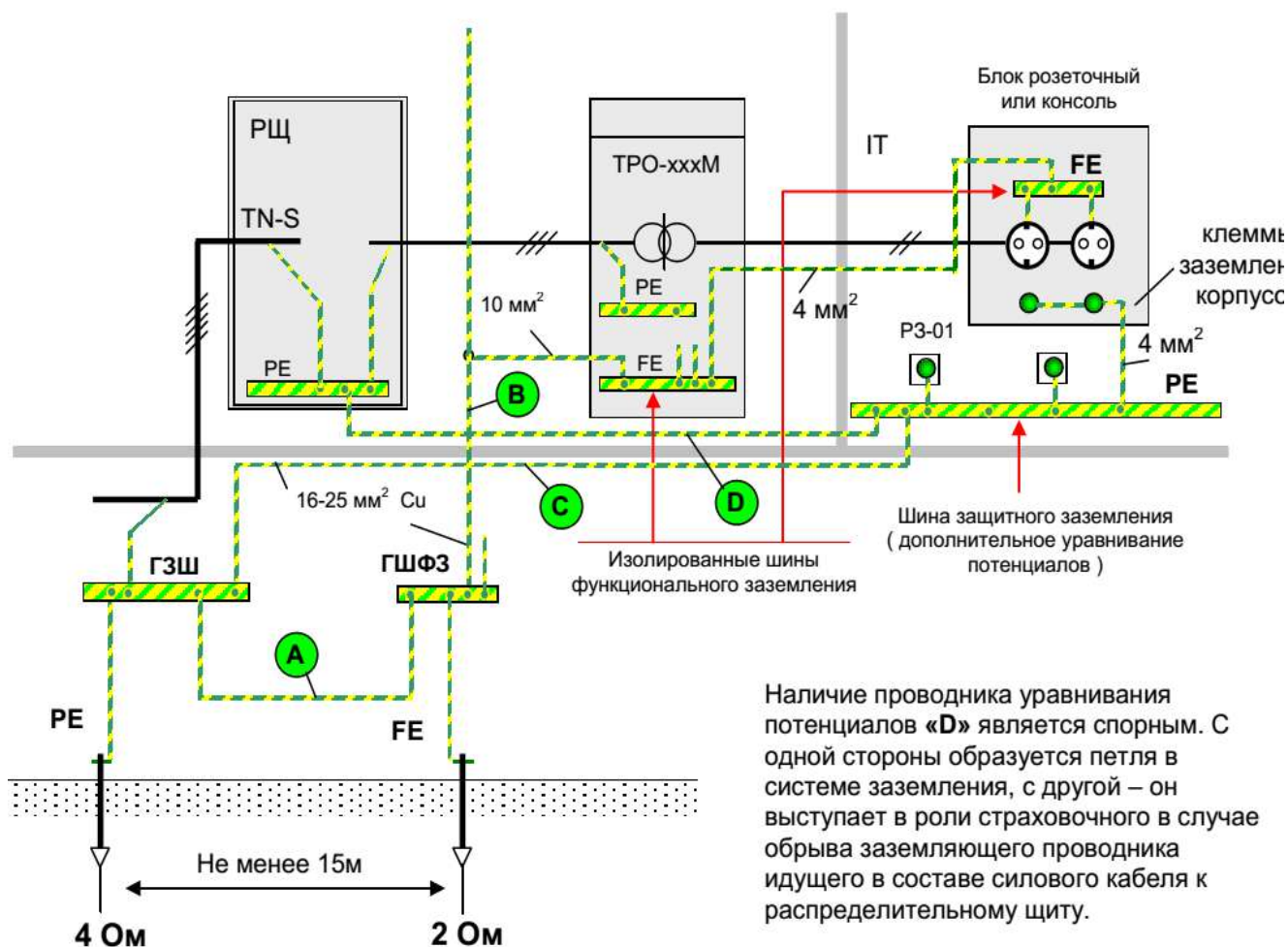













Рис.6.

В данном варианте функциональное заземление выполнено магистральным способом (проводник «В»). От основной магистрали делаются отводы (без разрыва магистрального провода) в сторону операционной и подключаются к изолированной групповой шине, которая может быть расположена либо в щите разделительного трансформатора, либо непосредственно в операционной (щиток ЩРМ-ШЗ). От групповой шины идут отдельные проводники сечением не менее 4 мм² из расчета один проводник – одиночная розетка, один проводник – розеточный блок и один проводник – консоль жизнеобеспечения. Указанный способ прокладки описан в техническом кодексе устоявшейся практики республики Белоруссия. Помимо этого магистральный проводник прокладывается в металлических трубах, для уменьшения электромагнитных наводок и механической защиты от повреждений. Металлическая труба заземляется на PE через неравные промежутки. В России более распространен не магистральный, а лучевой способ прокладки, где на каждую операционную идет собственный проводник соединения групповой шины FE с шиной ГШФЗ. Вполне допустимо соединение защитных контактов розеток IT-сети к шине защитного заземления, но при условии, что в электроустановке выполнено единая система заземления 2 Ом.

Заземление контактов розеток сети TN-S в операционной осуществляется классическим способом – посредством проводника в составе кабеля подключения.

Наличие проводника уравнивания потенциалов («А») является обязательным, о чем было сказано выше. Сечение - 16 мм², что вполне достаточно по механической прочности, а вариантов аварийного протекания больших токов короткого замыкания на корпус не существует (свойство IT-сети). Проводник «С» в некоторых случаях подключают к шине ГШФЗ, что на работе аппаратуры не сказывается, но является не совсем корректным. Проводник идет от шины дополнительного уравнивания потенциалов, которая обеспечивает дополнительную электробезопасность помещения и по ней при корпусном коротком замыкании в TN-S сети могут протекать токи короткого замыкания. Соответственно и подключен он должен быть на основную шину уравнивания потенциалов (ГЗШ).

7. Достоинства и недостатки режима изолированной нейтрали. Области применения.

	TN-S (глухозаземленная нейтраль)	IT-сеть (изолированная нейтраль)
Непрерывность работы оборудования	При первичном пробое* возникает ток короткого замыкания, вызывающий срабатывание автомата токовой защиты и, соответственно, отключение данной нагрузки или группы оборудования. 	При первичном пробое ток короткого замыкания отсутствует, оборудование продолжает работать, срабатывает сигнализация о нарушении изоляции. 
Электробезопасность	Через человека, оказавшегося под фазным напряжением протекает опасный ток до момента срабатывания автоматики защиты (УЗО). 	При замыкании в « коротких IT-сетях » ток абсолютно безопасен. В « длинных IT-сетях » ток первичного замыкания может составлять единицы ампер и, соответственно, электробезопасность на уровне сети типа TN-S **.  
Искрообразование при замыкании	При первичном пробое возникает мощная искра могущая стать причиной возгорания. 	Искра отсутствует, так как ток замыкания порядка единиц мА **. 
Помехозащищенность оборудования	Необходима установка дополнительных устройств для защиты от импульсных перенапряжений и частотных помех. Для эффективной работы данных устройств необходимо наличие качественной системы заземления. 	Разделительный трансформатор представляет собой высокоэффективный пассивный фильтр от импульсных перенапряжений и частотных помех, при этом его эффективность почти не зависит от наличия и качества системы заземления. 
Стоимость	Стандартные затраты. 	Необходима установка разделительного трансформатора, системы контроля изоляции, соблюдение определенных правил монтажа и эксплуатации. 

Примечания:

* - под первичным пробоем понимается замыкание фазы на корпус

** - « короткие » и « длинные » IT- сети различаются величиной тока утечки при пробое изоляции. Более подробно см. в статье « **Токи утечки на землю в IT – сети** ».

Режим изолированной нейтрали используется в метрополитене, на железной дороге, при шахтных и карьерных разработках, в нефтехимической промышленности, на передвижных комплексах, в учреждениях здравоохранения, для защиты вычислительных комплексов и тд.

В зависимости от области применения первостепенную важность приобретают те или иные положительные свойства IT – сетей. Например, во взрывопожароопасных зонах – отсутствие искры при первичном замыкании. Для вычислительных комплексов расположенных на территории литейнопрокатных цехов – эффективная помехозащищенность. Для учреждений здравоохранения - весь набор положительных свойств, включая электробезопасность (применяются исключительно « короткие IT – сети » с минимальным током утечки).

8. Размещение щитового электрооборудования и разделительных трансформаторов.

1. Помещение ГРЩ.

Здесь размещается собственно ГРЩ и централизованный источник бесперебойного питания (если таковой имеется). Установка разделительных трансформаторов нежелательна, так как нарушается требование ГОСТ 50571.28, 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...»

Степень защиты электрооборудования IP20.

В случае установки ИБП должна быть предусмотрена система вентиляции.

2. Этажная щитовая.

Распределительные щиты, локальные источники бесперебойного питания и разделительные трансформаторы. При установке разделительных трансформаторов щиток автоматов конечных потребителей ИТ-сети размещать здесь же нежелательно, так как в случае короткого замыкания невозможно оперативное восстановление напряжения на отключенной группе розеток.

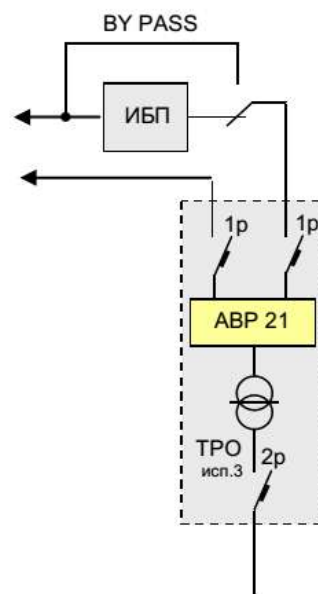
Степень защиты электрооборудования IP20.

3. Коридорные ниши.

Распределительные щиты, локальные источники бесперебойного питания и разделительные трансформаторы. Однако в дверях ниши должна быть предусмотрена естественная вентиляция. Степень защиты электрооборудования IP54, так как возможна обработка санитарными растворами.

Ограниченный объем ниши и наличие источников тепла (контакты АВР, разделительные трансформаторы и ИБП) создают определенные сложности. В некоторых случаях можно воспользоваться следующей схемой подключения ИБП:

Источник бесперебойного питания подключается ко второму входу встроенному АВР21 разделительного трансформатора. Приоритет питания по входу 1 (слева). В результате ИБП в рабочем режиме работает на холостом ходу с минимальным тепловыделением и переходит в режим нагрузки только на время запуска ДГУ, которое составляет менее 15 сек. Время переключения АВР 21 - менее 0,5 сек, что вполне укладывается в требование ГОСТ 50571.28.



4. Помещение операционной.

В данном помещении допустимо размещение только разделительных трансформаторов со степенью защиты IP54 и возможностью обработки санитарными растворами.

Схемы подключения разделительных трансформаторов.

На выбор схемы подключения трансформаторов и потребителей в помещениях гр.2 влияют следующие факторы:

- архитектура объекта и физическая возможность установки необходимого оборудования
- схема электроснабжения с точки зрения аварийного электроснабжения
- удаленность разделительных трансформаторов от операционной
- наличие встроенных аккумуляторов в подключаемых к трансформатору аппаратах.

Помимо решения общих вопросов подключения нагрузок к ИТ-сети и других нагрузок обеспеченных переключением на аварийный источник питания не следует забывать о необходимости установки устройств оповещения персонала при переходе на аварийное электроснабжение. Таким устройством может быть световое табло, расположенное в зоне работы персонала. Ниже приведен пункт из ГОСТ 50571.28 относящийся к данному вопросу.

Пункт 710.556.5.2.1.2. «...Для каждого медицинского помещения оборудованного системой аварийного электроснабжения требуется устройство для световой сигнализации состояния основного и аварийного источника питания, которое должно быть установлено в соответствующем месте, чтобы оно находилось под постоянным контролем медицинского персонала.

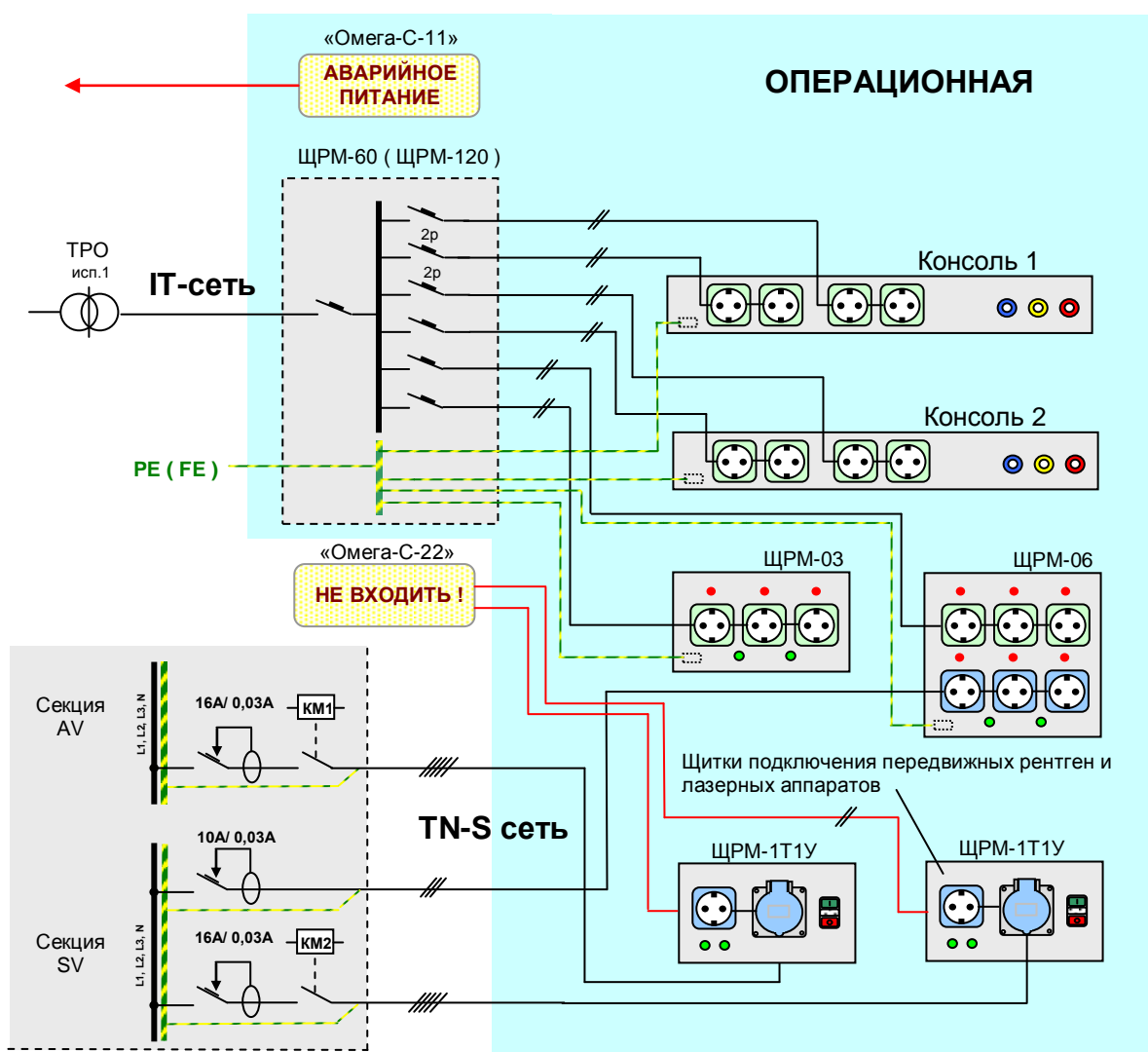
Устройства сигнализации должны быть установлены в непосредственной близости к медицинскому помещению внутри или вне его.
Необходимое количество и конкретные места установки устройств контроля определяется заданием на проектирование. »

Для удобства реализации подключений нагрузок к IT-сети медицинские разделительные трансформаторы выпускаются в различном исполнении:

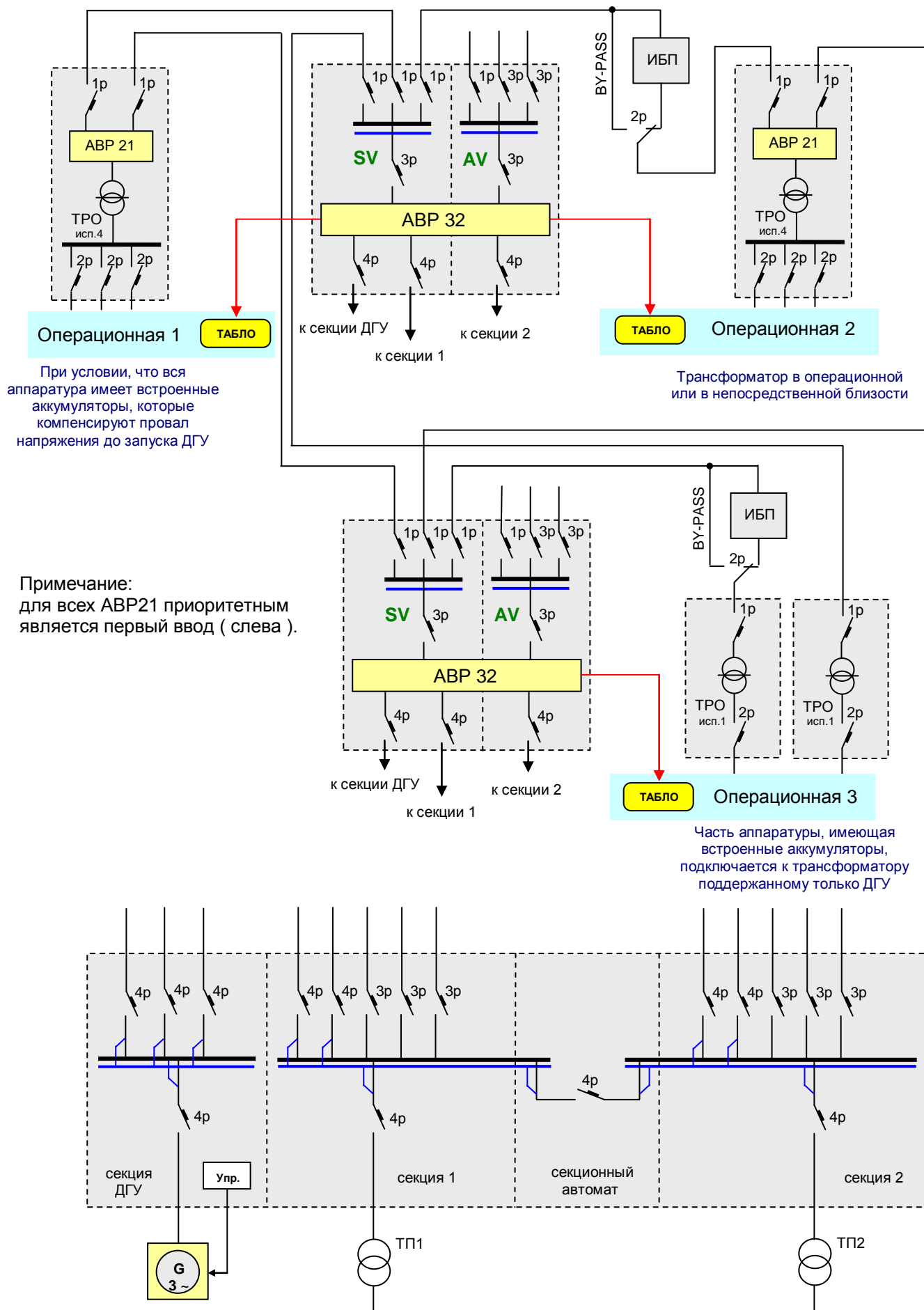
1. *Исполнение 1.* Только входной и выходной автоматы.
2. *Исполнение 2.* Входной автомат и группа автоматов согласно ТЗ для подключения оконечных цепей.
3. *Исполнение 3.* На входе АВР21, на выходе автомат
4. *Исполнение 4.* На входе АВР21, на выходе группа автоматов согласно ТЗ для подключения оконечных цепей.

Более подробно смотреть в разделе описания медицинских разделительных трансформаторов.

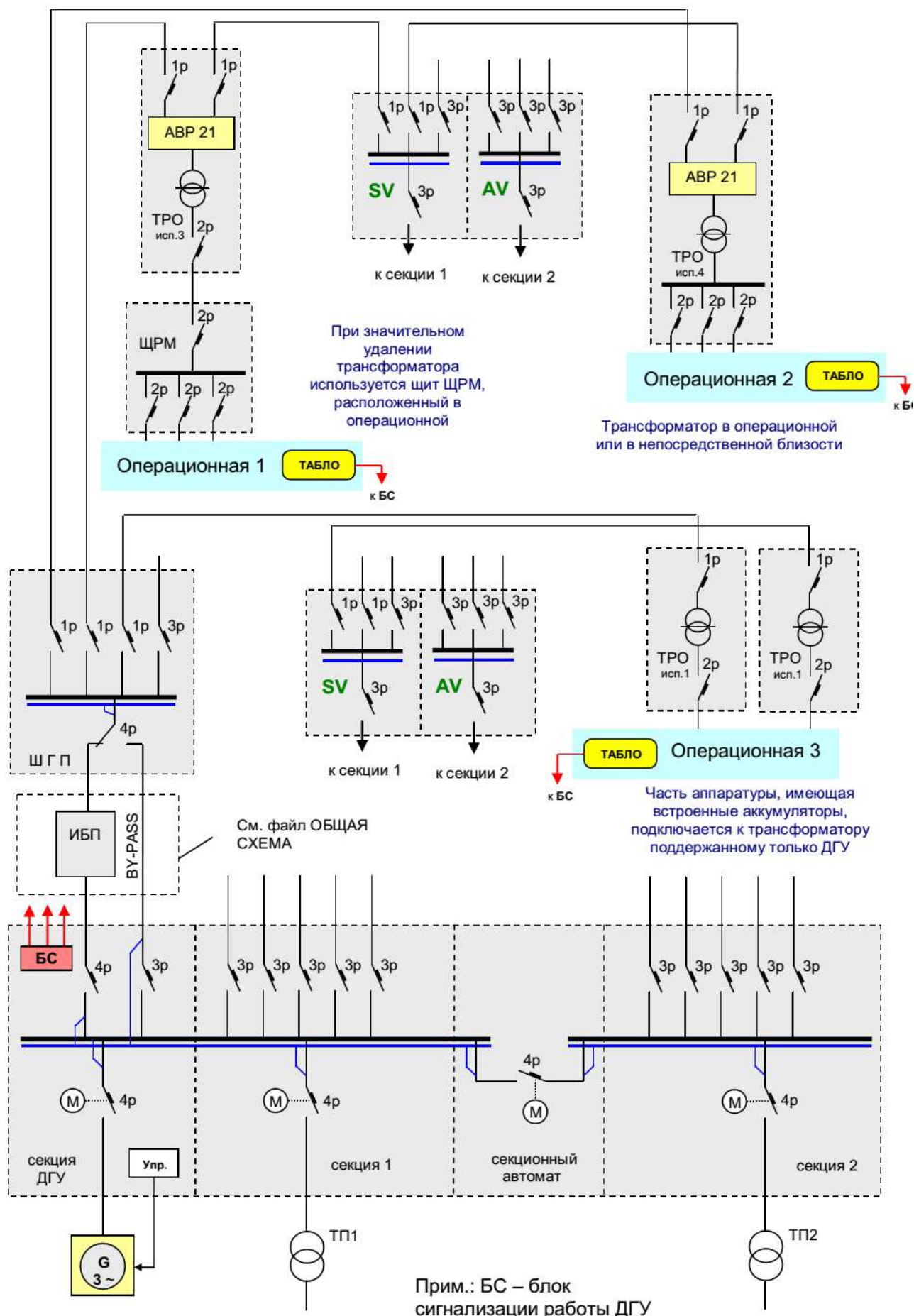
Ниже приведены примеры вариантов подключения трансформаторов в зависимости от общей схемы электроустановки и варианта ГРЩ. В предложенных схемах учтен принцип «узловой надежности» - выход из строя любого одного из элементов электроустановки не приводит к обесточиванию разделительных трансформаторов - благодаря наличию АВР и резервных линий питания. Тот же принцип касается сети оконечных потребителей непосредственно в операционной. При правильно построенной схеме короткое замыкание не должно приводить к полному обесточиванию медицинской консоли (группирование по две – три розетки на один автомат) и, во-вторых, должна иметься возможность быстрого восстановления напряжения, например, за счет расположения в операционной щитка типа ЩРМ-60 (ЩРМ-120).



Варианты подключения разделительных трансформаторов при использовании локальных источников бесперебойного питания (ИБП) и ГРЩ с ручным переключением вводов.



Варианты подключения разделительных трансформаторов при использовании централизованного источника бесперебойного питания (ИБП) и ГРЩ с автоматическим переключением вводов.



9. Требования к медицинскому разделительному трансформатору.

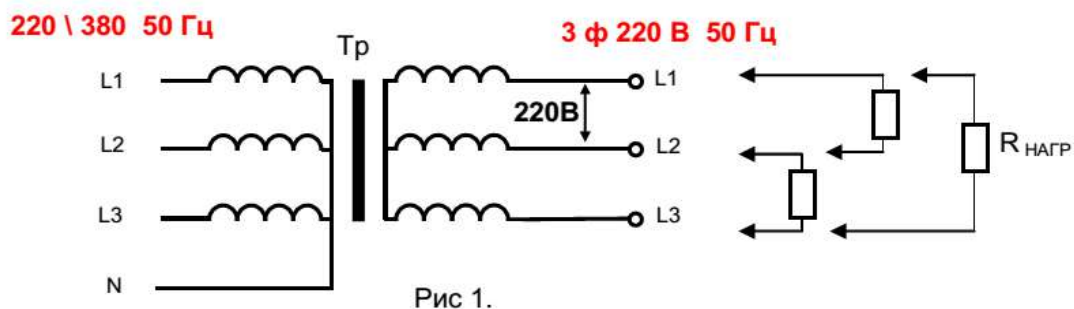
1. **Мощность разделительных трансформаторов ограничена диапазоном 0,5 - 10 кВА , как для однофазных, так и для трехфазных трансформаторов.**

Данное требование связано с тем, что контроль за множеством потребителей в сильно разветвленной распределительной ИТ-сети менее эффективен. Возникновение аварии или нарушения изоляции в любой из частей может привести к общей аварии сети и затрудняет поиск места неисправности. С этим связано требование нормативов, определяющее питание каждой операционной от одного трансформатора (РТМ - 42) или каждой группы комнат со схожим предназначением (ГОСТ 50571.28). В случае затруднения с выбором количества разделительных трансформаторов следует учитывать размещение поста дистанционного контроля трансформатора с точки зрения непрерывного контроля персонала за состоянием сети.

2. **Выходное напряжение медицинского трансформатора не более 250В.**

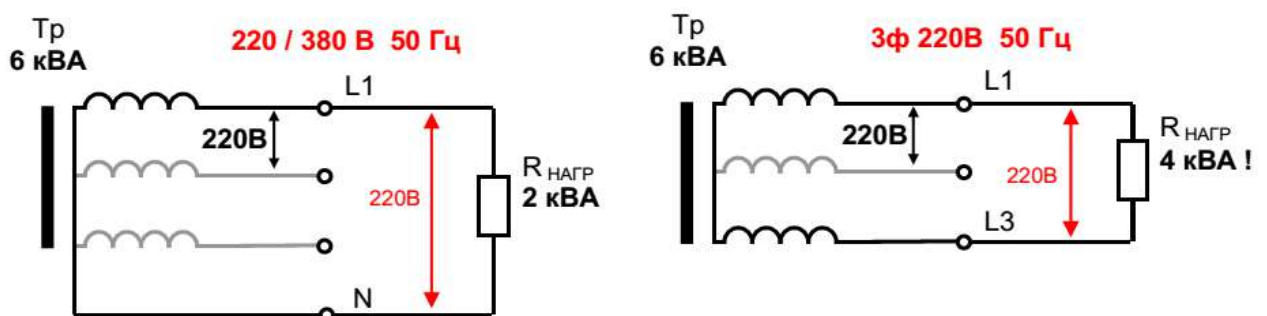
Данное требование означает, что применяются либо однофазные трансформаторы с выходным напряжением 220В (230В) или трехфазный трансформатор с подключением нагрузки к линейному напряжению (выходное напряжение 3ф 220В). Нейтраль в данном случае не используется. ГОСТ 50571.28 не рекомендует использовать трехфазные медицинские трансформаторы. Однако может сложиться ситуация, когда это окажется единственным разумным решением для сетей малых клиник из-за ограничения входной мощности. Пример: однофазный трансформатор 10 кВА имеет рабочий ток 50А (входной автомат 80А), тогда как трехфазный всего 13А (входной автомат 25А).

Подключение потребителей к трехфазному трансформатору осуществляется по приведенной схеме на рис.1:



Три причины, по которым выдвинуто данное требование (выходное не более 250В):

- Наличие линейного напряжения 380В в «зоне пациента» (зона вокруг операционного или процедурного стола запрещено, так как является фактором, снижающим уровень электробезопасности (ГОСТ 50571.28, Инструкция РТМ – 42). Рисунок зона «окружения пациента» приведен на рис.5.
- При питании нагрузки линейным напряжением фактор неравномерности распределения нагрузки играет значительно меньшую роль. Например, разделительный трехфазный трансформатор мощностью 6 кВА с выходным напряжением 220 / 380В. Максимальная мощность однофазной нагрузки составит 2 кВА (работает 1/3 трансформатора). Трансформатор той же мощности, но с выходным линейным напряжением 3ф 220В позволяет подключать однофазную нагрузку до 4 кВА (работает 2/3 трансформатора).



- При замыкании любой из фаз на землю трехфазного разделительного трансформатора с выходным напряжением 220 / 380В между другими фазами и землей появляется напряжение 380В, что является крайне отрицательным фактором с точки зрения электробезопасности. См. рис 3.

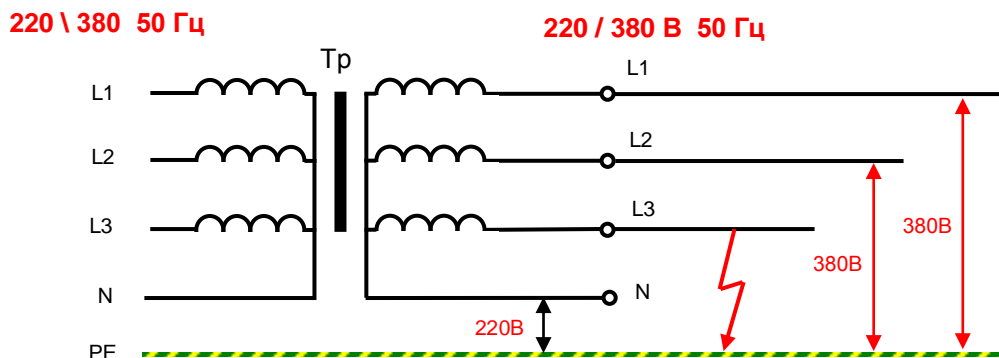


Рис.3

3. Обязательное наличие экранирующей обмотки.

Данное требование уменьшает вероятность пробоя изоляции между первичной и вторичной сетями в случае аварии трансформатора и существенно уменьшает токи утечки вызванные «паразитной» емкостью между обмотками. В-третьих, разделительный трансформатор с экранирующей обмоткой является неплохим фильтром высокочастотных помех, что весьма положительно сказывается на работе аппаратуры.

4. Повышенные требования к изоляции трансформатора соответствующие медицинским стандартам.

Например, испытательное напряжение между обмотками и обмотками и корпусом 4150 В. обеспечить данный параметр можно, лишь изготовив трансформатор с весьма качественной изоляцией.

5. Система ограничения пускового тока.

Пусковой ток обычного трансформатора составляет от 5 до 8 крат рабочего тока, что может вызывать срабатывание автоматов защиты стандартного исполнения со стороны питающей сети и влиять на работу стороннего оборудования, инициируя кратковременный провал напряжения питания.

6. Отклонение выходного напряжения на «холостом» ходу и под нагрузкой не более 5% от $U_{вх}$.

Это условие выполняется только при изготовлении трансформатора с высокой перегрузочной способностью, тогда как для бытовых и промышленных трансформаторов эта величина составляет 10%.

7. Повышенная перегрузочная способность.

В распределительной IT-сети согласно ГОСТУ применяются автоматы без термического расцепителя и соответственно вероятность перегрузки в течении некоторого времени весьма вероятна. Согласно МЭК 61558-2-4 трансформатор должен выдерживать перегрузку до 1,6 раза в течении 60 мин.

8. Обязательный контроль температуры обмоток.

Благодаря измерению этих параметров персонал получает оперативную информацию о перегрузке сети и выполняет необходимые мероприятия (например отключает неиспользуемые или неисправные нагрузки).

9. Система контроля изоляции (РКИ).

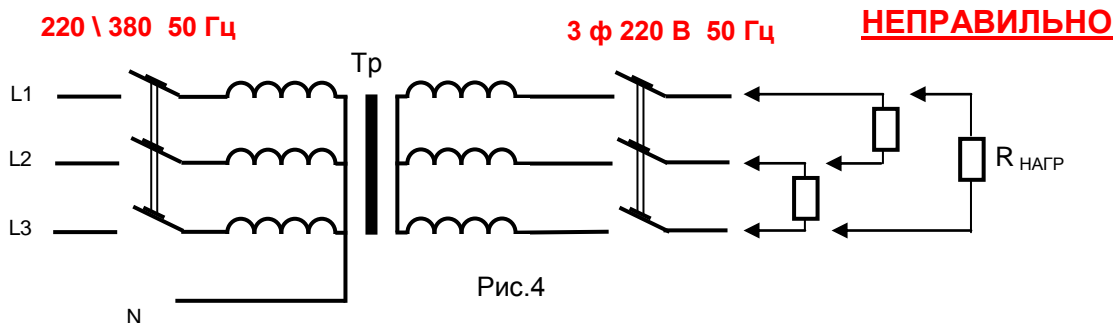
10. Выход дистанционного контроля (сигнализации) о превышении уровня нагрузки и температуры.

11. Пост дистанционного контроля трансформатора (ПДК).

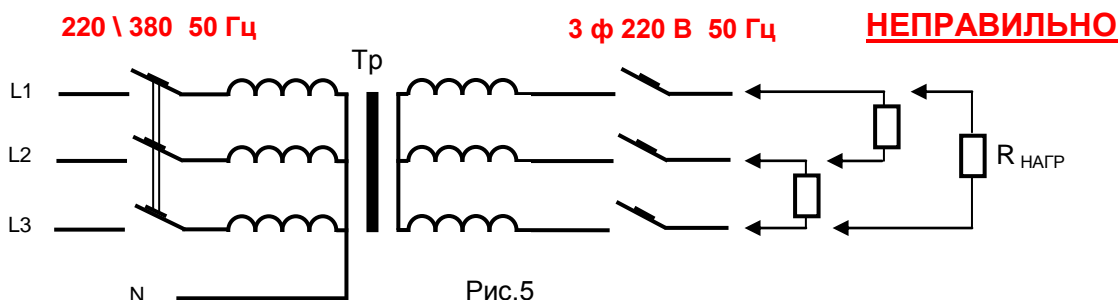
12. Запрет на использование постоянной принудительной вентиляции для охлаждения трансформатора.

Логичное требование, так как вентиляторы имеют ограниченный ресурс работы и приводят к интенсивному накоплению пыли в аппарате.

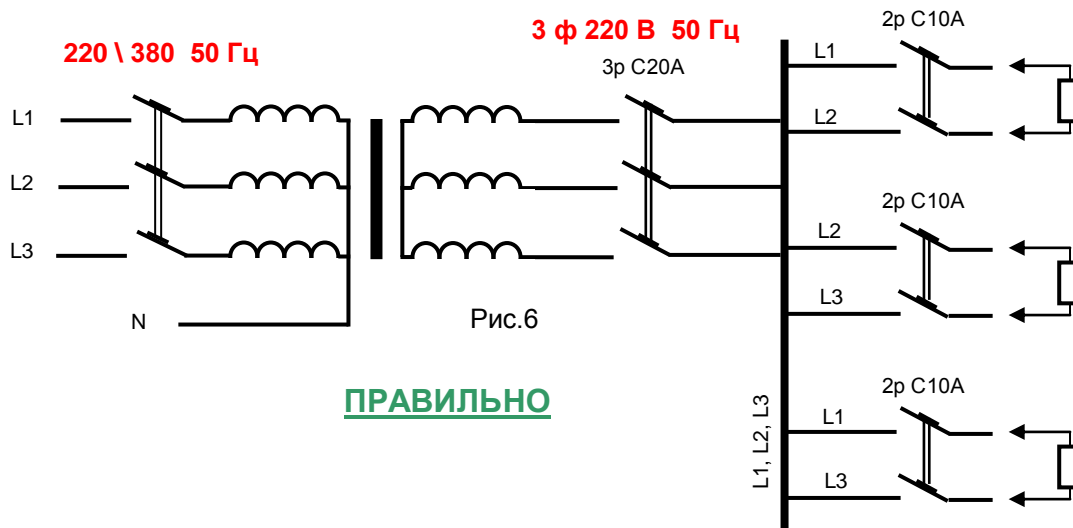
Типовые ошибки подключения нагрузки к трехфазному разделительному трансформатору.



Между консолями жизнеобеспечения и трансформатором установлен трехфазный автомат. Короткое замыкание в любой из однофазных нагрузок приводит к обесточиванию всей ИТ- сети.



Трехполюсный автомат заменен на три однополюсных. Отключение любого из автоматов приводит к тому, что из пары нагрузок образуется «делитель на сопротивлениях», то есть две нагрузки оказываются включенными последовательно к напряжению 220В. В зависимости от мощности нагрузок напряжение делится между ними обратно пропорционально величине каждой из них. Например, на одной нагрузке может оказаться 150В, а на другой 70В. Низкое напряжение не менее опасно, чем высокое с точки зрения работоспособности оборудования.



Требования к посту дистанционного контроля.

1. Зеленый индикатор состояния сопротивления изоляции «НОРМА» при $R > 50$ кОм, и желтый индикатор «ПРОБОЙ» при $R < 50$ кОм.

2. Желтый индикатор превышения допустимой температуры трансформатора.

3. Желтый индикатор превышения тока нагрузки.

4. Кнопка дистанционного тестирования системы контроля изоляции.

Функция необходимая для периодической проверки системы контроля изоляции.

5. Отключаемый звуковой сигнал при выходе любого из контролируемых параметров за пределы нормы.

Световой сигнал может быть незамеченным персоналом и поэтому он дублируется звуковым, но так как большинство медицинских приборов имеет собственную звуковую сигнализацию (например ритм биения сердца), то звуковая сигнализация от поста дистанционного контроля может мешать проведению операции. Персонал, получив информацию о перегрузке трансформатора или снижении сопротивления изоляции сети, отключает звуковую сигнализацию поста. Отключение действует до выхода за пределы нормы любого другого параметра.

6. **Исполнение IP54.**

Пост обычно находится в стерильном помещении, подвергающемуся воздействию ультрафиолета и периодической обработке санитарными растворами.

7. **Напряжение питания, измерения и индикации не более 24В.**

Зона «окружения пациента»

Данный рисунок и определение приведены из ГОСТ 50571.28

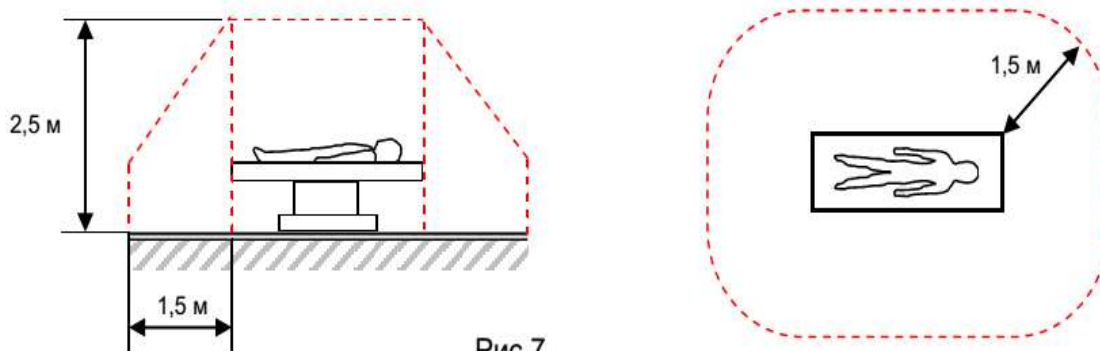


Рис.7.

«... любое пространство, где может произойти намеренный или непреднамеренный контакт пациента с частями системы или пациента с каким-либо лицом, имеющим контакт с частями системы.... Данное определение применяется, когда положение пациента фиксировано, в противном случае должны рассматриваться все возможные положения пациента...»

10. 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 электротоком 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...»

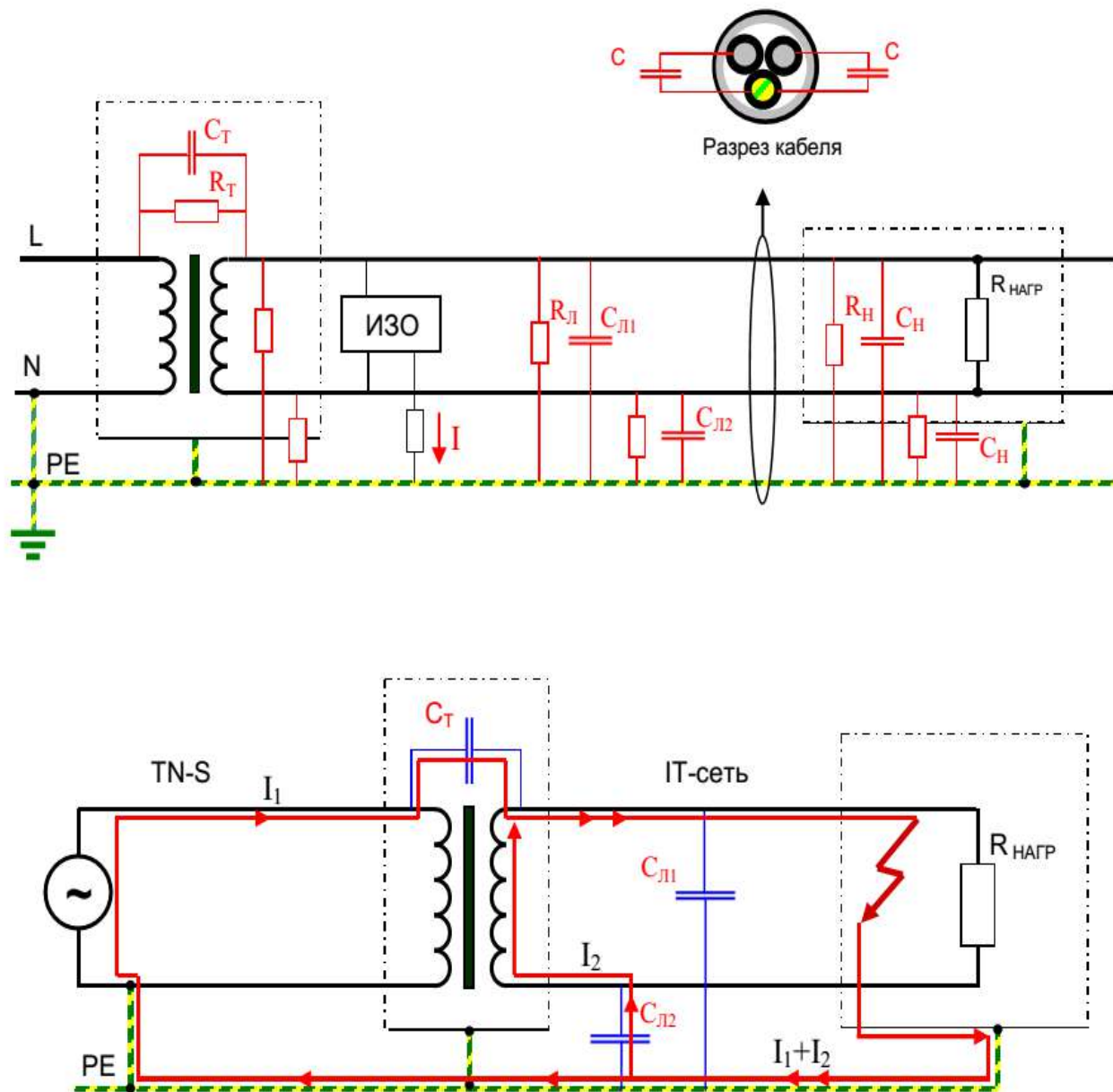
Требования ГОСТа вводят существенные ограничения, выполнение которых при проектировании дает определенные гарантии ограничения токов утечки до минимального безопасного уровня, а именно:

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.

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:

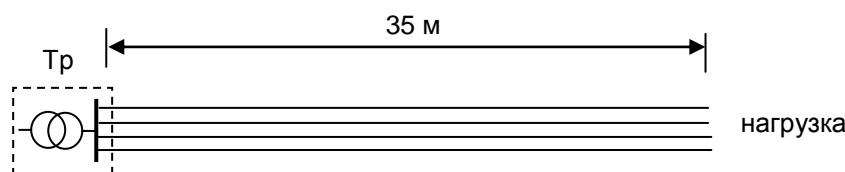
Емкость силового кабеля марки ВВГнг колеблется в пределах от 150 нФ/км (0,15 мкФ/км) при сечении жил 1,5 мм² до 300 нФ/ км (0,3 мкФ/км) при сечении жил 10 мм².

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

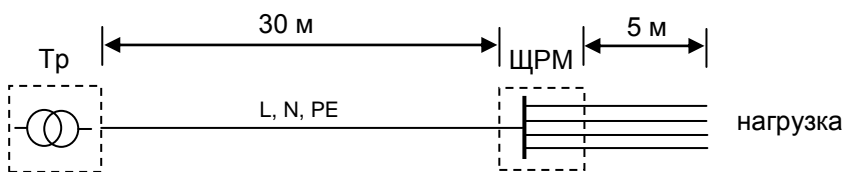
Приведенные выше данные по емкостным характеристикам достаточно приблизительные, так как при производстве силового кабеля эта величина не нормируется. На практике значение емкости может отличаться и в большую, и в меньшую стороны. Длина кабеля питания нагрузки от трансформатора длиной в километр может 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 IT-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.

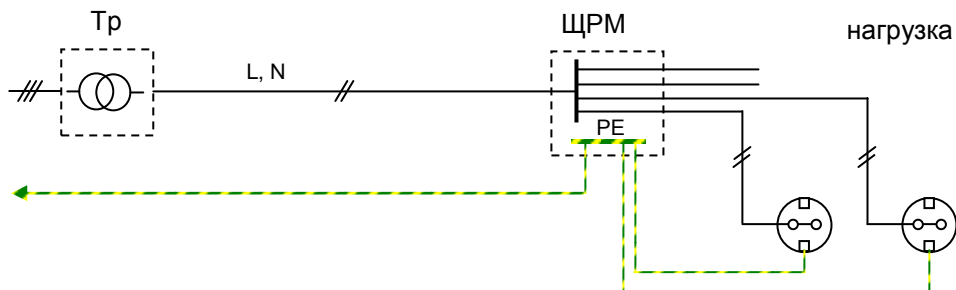


Рис.3.

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.

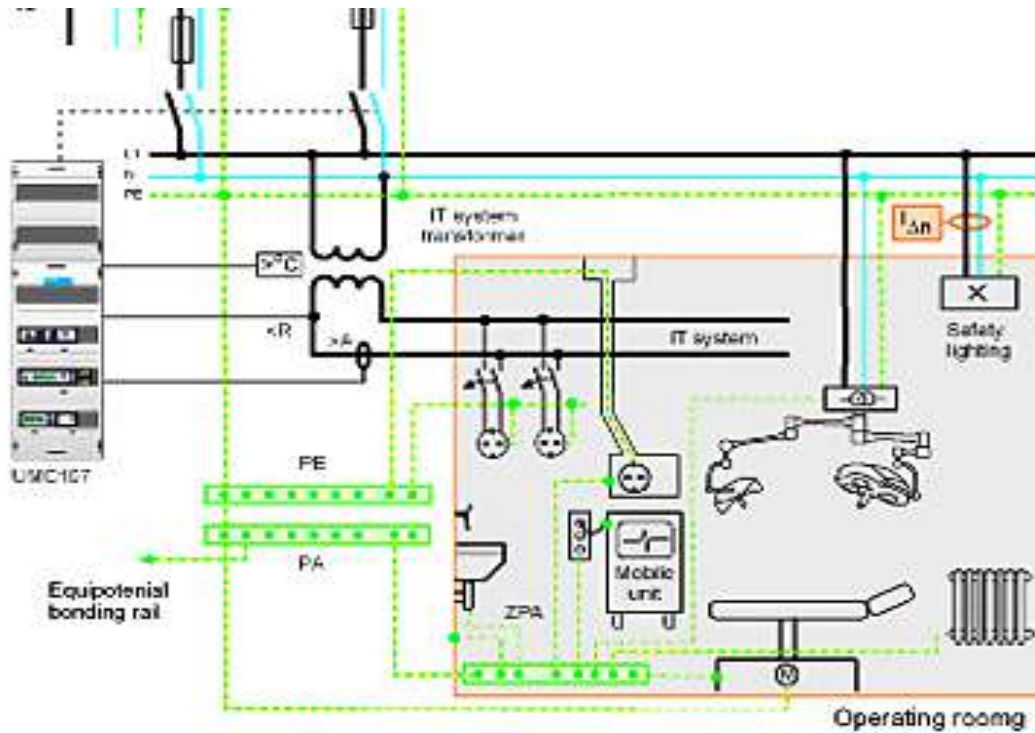


Рис.4. Типовая европейская схема (Bender) организации заземления в операционной.

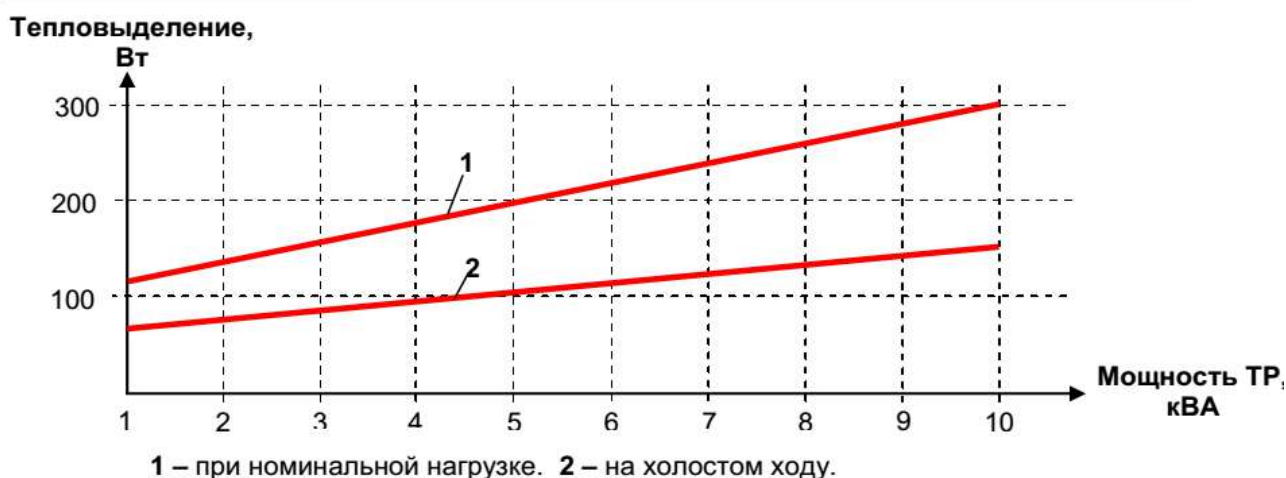
11. Установка разделительных трансформаторов. Тепловыделение. Шум.

Установка разделительных трансформаторов в медицинских учреждениях осуществляется по трем основным вариантам:

1. Помещение электрощитовой.

Минимальная степень защиты оборудования IP20. При размещении нескольких разделительных трансформаторов в помещении необходимо учесть тепловыделение при работе не только трансформаторов, но и щитового оборудования. Рассчитать суммарное тепловыделение можно пользуясь данными приведенной таблицы:

	Установочное изделие	Тепловыделение, Вт
1	Однополюсный автомат	3
2	Трехполюсный автомат	8
3	Контактор 18 - 32А	12
4	Контактор 40 - 75А	18
5	Контактор 95 - 185А	22 - 35
6	Контактор 210 – 300А	45 - 60
7	Разделительные трансформаторы	по графику



Температура в помещении щитовой должна находиться в пределах от +1 до +35°C, так как большинство оборудования выполняется по УХЛ 3.1. Как правило, используется принудительная вентиляция с 1-2 кратным обменом воздуха в час.

Наличие источников бесперебойного питания осложняет задачу из-за низкого КПД источников (0,87 – 0,9) и наличия аккумуляторных батарей (макс +25°C).

2. Коридорные ниши.

В коридорных нишах устанавливается 1 – 2 трансформатора. Степень защиты оболочек разделительных трансформаторов IP54 (возможность обработки санитарными растворами). Для вентиляции, как правило, достаточно наличия вентиляционных решеток в двери ниши.

3. Помещение операционной или палаты интенсивной терапии.

Обычно, это один трансформатор в оболочке со степенью защиты IP54, с возможностью обработки санитарными растворами и облучением ультрафиолетом. Шум от разделительного трансформатора должен быть ниже 35 дБ. Место для размещения выбирается таким образом, чтобы он не мешал персоналу и перемещению каталок в операционной. В данном случае предпочтение отдается высоким, узким корпусам, которые легче размещаются на ограниченной площади и меньше резонируют (шумность).

Допустимые уровни шума (МГСН 2.04 – 97):

Вид деятельности	Время суток	Уровень шума, дБ	Максимальный уровень шума, дБ
Палаты больниц и санаториев	7 – 23 ч	35	50
	23 – 7ч	25	40
Операционные больницы		30	45
Кабинеты врачей медич. учреждений		35	50