

# Рекомендации по проектированию систем электроснабжения медицинских учреждений

Источник информации: ООО «ЭнергоЗащитные Системы»

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время с развитием новых методик в медицине и обновлением медицинского оборудования на современное, построенное на базе микропроцессорной техники, всё больше внимания уделяется качеству и безопасности электропитания медицинских помещений, так как недооценка обеспечения требований по безопасности и качеству электропитания может привести к нанесению непоправимого вреда для пациентов. Необходимо отметить, что ущерб жизни и здоровью пациента может наступить как в результате прямого поражения электрическим током, так и выхода из строя ответственных систем жизнеобеспечения. Кроме этого, некоторые медицинские учреждения при закупке импортного оборудования не соотносят его требования по качеству электропитания с существующей в медицинском учреждении электросетью. А между тем, европейские и американские стандарты электроснабжения существенно отличаются от российских. Для подключения дорогостоящего импортного оборудования зачастую приходится не только менять схему электропитания в реконструируемом здании, но и устанавливать дополнительное электрооборудование. Задачи построения систем электроснабжения медицинских учреждений и выбора электрооборудования относятся к важнейшим и ответственным мероприятиям.

До настоящего времени, в связи с недостаточной нормативной базой, проектирование систем электропитания медицинских помещений вызывало определенные трудности.

**Основными отечественными документами, регламентирующими проектирование и работы по силовым сетям питания медицинских учреждений, были:**

1. Инструкция РТМ-42-2-4-80 - Руководящий технический материал, содержащий рекомендации по проектированию электроснабжения помещений операционного блока;
2. ПУЭ пункт 1.6.12 - в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью, должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения;
3. ПУЭ Глава 1.7. - заземление и защитные меры электробезопасности;
4. ПУЭ. Раздел 7. - электрооборудование специальных установок;
5. ГОСТ 30030-93 - является основным ГОСТом, устанавливающим нормы и требования для разделительных трансформаторов;
6. В настоящее время выпущен ГОСТ 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710-2002). Электроустановки зданий часть 7-710 Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений.

Рассмотрим основные моменты, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения медицинских учреждений.

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Все электрооборудование разделяется по классу защиты на:

- класс защиты «0» - электрооборудование с изоляцией в качестве основной защиты без мер защиты при неисправности;
- класс защиты «1» - электрооборудование с основной изоляцией в качестве меры основной защиты и выравнивание потенциалов в качестве защиты при наличии неисправности.
- класс защиты «2» - защита с помощью двойной (дополнительной) изоляции;

- класс защиты «3» - электрооборудование с основной защитой с помощью сверх низких напряжений или разделительных трансформаторов.

По уровню электробезопасности классы имеют принципиальное различие. Так, например, для электрооборудования с классом защиты «0», при повреждении изоляции защитного отключения не происходит и возникает опасность попадания человека под высокое напряжение. При классе «1» в случае повреждения изоляции и замыкании сработает защитное отключение с помощью автоматического выключателя или УЗО.

Медицинские помещения - это основные помещения, предназначенные для целей диагностики, лечения, оперативного вмешательства, мониторинга и ухода за пациентом, а также вспомогательные помещения, предназначенные для выполнения вышеуказанных функций основных помещений. Иными словами, в это понятие входит не только операционные и реанимационные, а также освещение, лифты, хозблоки и т.д.

В медицинских помещениях используются следующие основные виды защиты от поражения электрическим током. При прямом прикосновении это:

- 1) основная изоляция;
- 2) размещение оборудования вне зоны досягаемости;
- 3) оболочка, кожух.

**Примечание.** В медицинских помещениях не допускается применение в качестве основной меры электрозащиты различные ограждения и барьеры.

В качестве дополнительной меры защиты в случае повреждения основных видов применяется УЗО с номинальным током не более 32А и дифференциальным током срабатывания 30 мА для конечных потребителей и 100 мА для групповых потребителей.

**Примечание.** УЗО допускается применять только в медицинских помещениях группы «0» и «1» и не допускается его применения в медицинских помещениях группы «2» для аппаратов, используемых для поддержания жизнеобеспечения пациентов.

От косвенного прикосновения при повреждении изоляции электроустановки в качестве защиты используется:

- 1) автоматическое отключение. В TN-сети в качестве защитной меры используется присоединение открытых токоведущих частей к глухозаземленной нейтрали трансформатора (зануление);
- 2) организация IT-сети, т.е. системы с изолированной нейтралью. Основной защитной мерой является невозможность возникновения в IT сети токового контура, при повреждении электроизоляции. Это достигается за счет использования разделительного трансформатора. Разделительный трансформатор в IT сети должен быть оборудован устройством контроля изоляции и заземленным экраном между первичной и вторичной обмотками;
- 3) применение системы уравнивания потенциалов.

**Согласно ГОСТ 50571.28-2006 все медицинские помещения по мерам защиты от поражения электрическим током можно разделить на три группы:**

**1. Gr0 (группа 0)** - медицинские помещения, в которых не предполагается использование контактирующих проводящих частей и приборов. Контактующая проводящая часть - это

проводящая часть медицинского электрооборудования, которая должна находиться в физическом контакте с пациентом: касаться его или введена внутрь, для нормальной работы оборудования.

В помещениях Гр0 происходит автоматическое отключение в случае первого нарушения изоляции и короткого замыкания.

**2. Гр1 (группа 1)** - в котором контактирующие части и приборы предполагается применять наружно или внутренне, но авария силового питания не может привести к гибели или серьезному ущербу для жизни пациента.

В помещениях Гр1 происходит автоматическое отключение в случае первого короткого замыкания на открытые токопроводящие части или при регистрации токов утечки, а также при перебоях электропитания.

К помещениям группы 1 относятся, например, физиотерапевтические, процедурные, рентгеноскопические и гидротерапевтические помещения (согласно ГОСТ 50571.28-2006 приложение «В»).

#### **Основные защитные меры, применяемые в помещениях Гр1:**

- Двойная изоляция;
- УЗО (устройство защитного отключения) с номинальным дифференциальным током срабатывания не более 30 мА;
- БСНН (безопасное сверхнизкое напряжение);
- ЗСНН (заземленные системы безопасного сверхнизкого напряжения);

**Примечание:** в системах БСНН и ЗСНН номинальное питающее напряжение электроприемников не должно превышать 25В переменного тока (среднеквадратичное значение) или 60В постоянного тока (без пульсаций).

#### **Дополнительная защита:**

- система уравнивания потенциалов;
- аварийное эл/снабжение.

**3. Гр2 (группа 2)** - помещения, в котором контактирующие части и приборы предполагается применять для внутрисердечных процедур в операционных и для выполнения других жизненно важных лечебных процедур, но при этом первичная неисправность в цепи питания не должна приводить к отказу аппаратуры жизнеобеспечения.

В помещениях Гр2 не происходит автоматическое отключение в случае первой неисправности изоляции и короткого замыкания на корпус или открытые токопроводящие части, а также при регистрации токов утечки и перебоях электропитания.

Согласно ГОСТ 50571.28-2006 приложение «В» к помещениям Гр2 относятся: операционные, реанимационные, помещения интенсивной терапии, анестезиологические кабинеты, комнаты подготовки к операции, послеоперационные палаты, травматологические кабинеты, помещения для недоношенных детей.

#### **Основные защитные меры в помещениях Гр2:**

- Двойная изоляция;
- Медицинская система ИТ;
- Применение разделительных трансформаторов с системой контроля изоляции, тока и температуры;

- БСНН;
- ЗСНН.

#### **Дополнительная защита:**

- уравнивание потенциалов;
- аварийное эл/снабжение. Например, должно обеспечиваться аварийное освещение не менее 50% светильников;
- источники бесперебойного питания со временем переключения не более 0,5 сек./p>
- УЗО с номинальным дифференциальным током срабатывания не более 30 мА должны использоваться только в цепях, питающих флюорографические установки.

### **МЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА ИТ**

Медицинская система ИТ- электрическая система ИТ, в которой соблюдены особые требования для медицинских помещений.

Согласно инструкции РТМ-42-2-4-80 и ГОСТ 50571.28-2006 в медицинских помещениях Гр2 для питающих цепей медицинского электрооборудования и систем обеспечения жизнедеятельности пациентов, хирургического назначения и другого электрооборудования расположенного «в окружении пациента» должна использоваться медицинская система ИТ и применяться медицинские разделительные трансформаторы с системой контроля изоляции, температуры, величины нагрузки и регламентированной свето-звуковой сигнализации.

#### **Преимущества ИТ сети (сети с изолированной нейтралью)**

1. Повышенная безопасность ИТ - сети объясняется тем, что одновременное касание заземленного корпуса электрооборудования и любого из силовых выходов разделительного трансформатора является безопасным (см. Рис 1.), т.е. не приводит к созданию токового контура и поражению человека электрическим током.

2. Повышенная надежность. Первичный пробой изоляции в ИТ- сети не является аварией. Короткое замыкание любого из выходов трансформатора на заземленный корпус переведет ИТ - сеть в TN-сеть с глухозаземленной нейтралью (см. Рис. 1). При этом опасность поражения людей электрическим током и опасность повреждения оборудования отсутствует и потребители могут продолжать работать.

3. Пожаробезопасность. При пробое изоляции ток повреждения ничтожно мал и опасность возгорания практически отсутствует, что важно в помещениях с горючими материалами и медицинскими газами.

4. Повышенная надежность работы электрооборудования. Разделительный медицинский трансформатор с заземленным экраном является эффективным помехоподавляющим фильтром и обеспечивает создание «выделенной» сети электроснабжения для систем жизнеобеспечения.

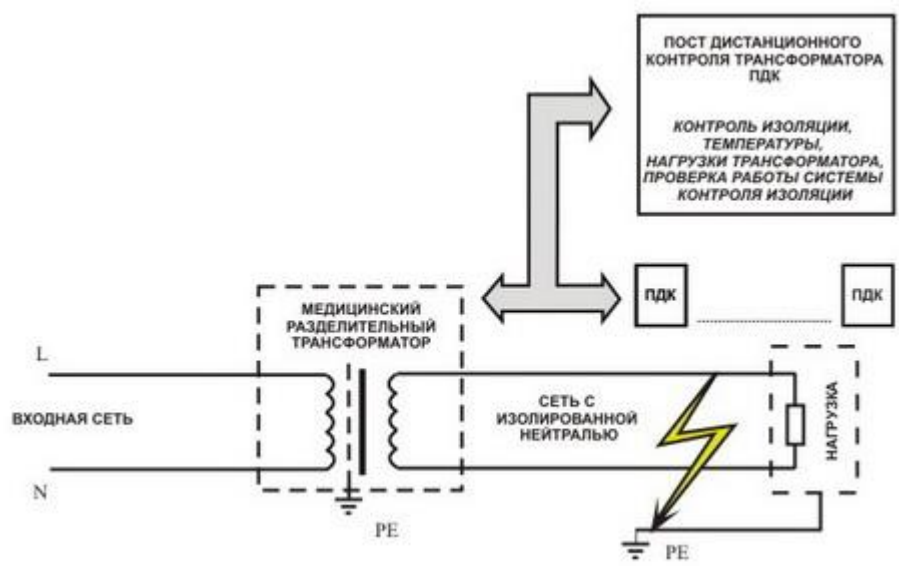


Рис. 1. Сеть с изолированной нейтралью. Для создания применен разделительный медицинский трансформатор с несколькими постами ПДК. При аварии фазного или нейтрального провода (молния) замкнутый токовый контур не возникает и электрический удар не возможен.

5. Удобство техобслуживания. Система контроля изоляции, температуры и тока нагрузки позволяет своевременно обнаружить и диагностировать неисправность электросети.

Суммируя вышесказанное, если сравнивать уровень безопасности, то IT-сеть обладает гораздо большей степенью безопасности по сравнению с TN-сетью. К пациенту во время процедур и операции подключены множества приборов. Повреждение изоляции в сети с глухозаземленной нейтралью может привести к поражению электрическим током или к отключению питания, что недопустимо для безопасности пациента и персонала. В то же время, первичное нарушение изоляции в IT-сети переводит ее в разряд сети с глухозаземленной нейтралью, но при этом не происходит поражение электрическим током и отключение питания.

### Свойства медицинской IT-сети.

В медицинских помещениях Гр2 IT-сеть должна быть использована для цепей, питающих медицинское электрооборудование, предназначенное для поддержания жизненных функций пациента и проведения операции. При построении медицинской IT-сети должны соблюдаться следующие условия:

1. Для каждой группы помещений со схожими предназначениями необходима, как минимум, одна медицинская система IT.

2. Система IT должна быть оборудована устройством непрерывного контроля изоляции со следующими специальными требованиями:

- а) внутреннее сопротивление по переменному току должно быть не менее 100 кОм;
- б) измерительное напряжение не должно превышать 25В постоянного тока;
- в) максимальное значение измерительного тока, даже при возникновении повреждения, не должно превышать 1 мА;
- г) в систему должно быть встроено устройство для проверки сопротивления изоляции и предусмотрена индикация о понижении сопротивления до 50 кОм;
- д) для каждой медицинской IT системы требуется устройство для световой и звуковой аварийной сигнализации (с возможностью отключения последней).

3. Каждая медицинская система должна питаться от отдельного источника питания

**Медицинская IT-сеть в помещениях Гр2 должна обладать следующими свойствами:**

1. Повышенная степень изоляции, обеспечивающая высокую безопасность и надежности IT-сети для эл/питания медицинского оборудования.
2. Непрерывность эл/питания медицинских помещений для обеспечения безопасности жизни пациентов, т.е. не должно происходить автоматического отключения в случае первой неисправности изоляции и короткого замыкания на корпус.
3. Непрерывный контроль персонала за параметрами IT - сети, что бы в любой момент времени (например, во время операции) можно было принять правильное решение.
4. Система IT должна быть оборудована системой оповещения таким образом, чтобы обеспечивался звуковой и визуальный сигнал.

**Защита в медицинских помещениях Гр2.**

В медицинских помещениях Гр2 по ГОСТ 50571.28-2006 используется специфическая система защитных устройств, обусловленная, с одной стороны требованиями по электрозащите, а с другой - недопустимостью отключения оборудования (системы жизнеобеспечения, системы освещения, операционные комплексы) от электроснабжения.

1. С целью обеспечения максимальной электробезопасности инструкцией РТМ-42-2-4-80 и ГОСТ 50571.28-2006 предписывается использование специальных медицинских разделительных трансформаторов с системой контроля изоляции, тока и температуры.

Медицинские разделительные трансформаторы относятся к специальным трансформаторам, обеспечивающим повышенную электробезопасность и надежность электроснабжения медицинского оборудования.

В отличие от помещений Гр0 и Гр1 для Гр2 классическая дополнительная защита от поражения электрическим током при прямом прикосновении к опасным токоведущим частям с использованием дифференциальных устройств в виде УЗО является не только недостаточной, но и недопустимой. Следовательно, для защиты пациента и персонала при проведении операций применяются разделительные трансформаторы с экранирующей обмоткой и устройством контроля параметров сети: изоляции, температуры и тока нагрузки.

2. Для своевременного обнаружения нарушения изоляции в медицинской IT-сети обязательным условием является использование устройства контроля изоляции, обеспечивающего непрерывный контроль за состоянием изоляции выходной обмотки трансформатора и сети.

Для IT-сетей электропитания питания медицинского оборудования регламентировано минимальное значение сопротивления изоляции равное 50 кОм, одновременно, согласно требованиям инструкцией РТМ-42-2-4-80 и ГОСТ 50571.28-2006 в случае снижения уровня изоляции ниже данного предела не должно происходить автоматическое отключение эл/питания, т.к. это может привести к отключению систем жизнеобеспечения и смерти пациента.

3. Система контроля медицинского разделительного трансформатора снабжается свето-звуковой аварийной индикацией и выносными постами контроля состояния трансформатора (для удаленной оценки состояния и контроля работоспособности системы).

4. В медицинских IT системах не допускается защита от перегрузок в питающих линиях (фидерах) до и после разделительного трансформатора. Автоматические выключатели в

питающих цепях до разделительного трансформатора должны быть нечувствительны к пусковым токам разделительного трансформатора и не должны срабатывать при длительных перегрузках, допустимых по условиям применения разделительного трансформатора.

5. Для ограничения пусковых токов в медицинском разделительном трансформаторе используется устройство плавного пуска с гарантированной работоспособностью при частых включениях и выключениях трансформатора.

6. Все оконченные в помещении цепи должны быть защищены от коротких замыканий и перегрузок. Защита должна обеспечиваться автоматическими выключателями с одновременным отключением всех фаз, полюсов и нейтрали. Использование предохранителей не допускается.

**7. Каждое медицинское помещение группы 1 или 2 должно быть оборудовано системой 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).

Шины уравнивания потенциалов должны быть расположены в самом медицинском помещении или в непосредственной близости от него. Все соединения должны быть выполнены так, чтобы они были хорошо различимы и предусматривали возможность индивидуального отключения.

8. Номинальная мощность однофазных трансформаторов, используемых в медицинских системах ИТ для переносного и стационарного оборудования, должна быть не менее 0,5 и не более 10 кВт.

9. При использовании трехфазного медицинского разделительного трансформатора следует использовать трансформатор с выходным линейным напряжением, не превышающим 250 В.

10. Все электрооборудование в помещениях Гр2 должно иметь исполнение рабочих поверхностей не ниже IP54 в силу ежедневной влажной дезинфекции помещений (СанПиН 5179-90).

11. При понижении на одном или нескольких линейных проводниках главного распределительного устройства напряжение более чем на 10% относительно номинального, должна автоматически включаться система аварийного электроснабжения. При этом время переключения важнейшего оборудования (освещения операционного стола, системы жизнеобеспечения) не должно превышать 0,5 сек. Время переключения систем анестезии, аварийного освещения, лифтов, пожарной сигнализации - не более 15 сек.

Источником аварийного электроснабжения может являться резервный ввод с другого трансформатора подстанции, источник бесперебойного питания (ИБП) и дизель/бензо-генераторные установки. Необходимо отметить, что типовое время переключения электроснабжения на резервный ввод с подстанции или ИБП не превышает 0,5 сек. Типичное время подключения дизель/бензо-генератора горячего резерва 60-90 сек.



## МЕДИЦИНСКИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Суммируя все вышесказанное, можно выделить основные требования к медицинскому разделительному трансформатору:

1. Трансформаторы разделительные должны быть размещены в непосредственной близости от медицинского помещения Гр2 (внутри или снаружи) и должны быть защищены корпусом для предотвращения контакта с токоведущими частями. Исполнение трансформаторов в помещении Гр2 должно быть IP54, а при в коридорных нишах или электрощитовой не менее IP21.

2. Номинальное напряжение  $U_{\text{вых}}$  на выходе разделительного трансформатора системы IT должно быть не более 250 В.

3. Мощность. В медицинской IT-сети в основном рекомендуется использовать однофазные разделительные трансформаторы номинальной мощностью не менее 0,5 кВА и не более 10 кВА для питания однофазных нагрузок.

Как исключение, если имеются трёхфазные потребители, требующие установки медицинской системы IT, то следует использовать отдельный трёхфазный медицинский разделительный трансформатор, но с выходным линейным напряжением, не превышающим 250 В (т.к. в случае повторного пробоя изоляции можно попасть под линейное напряжение). В данном случае нагрузка подключается между фазами.

Такой трансформатор является понижающим (фазное напряжение первичной обмотки 220 В, фазное напряжение вторичной обмотки 127 В).

Если смотреть с другой стороны, то питание однофазных приборов от трехфазной сети нецелесообразно, т.к. при обрыве нейтрали точка «N» звезды напряжений (Рис.2.) может оказаться в любом месте и, следовательно, у потребителя вместо фазного может оказаться линейное напряжение.

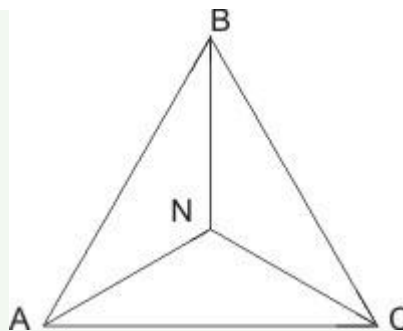


Рис.2. Звезда

Применение более мощных трансформаторов одновременно на несколько медицинских помещений осложняет контроль за множеством потребителей и затрудняет оперативный поиск неисправности в случае аварии, которая может привести к гибели пациента. Следовательно, лучше использовать один разделительный трансформатор на одну медицинскую IT-сеть для медицинского помещения.

4. Ток утечки вторичной обмотки на землю и ток утечки оболочки, измеренные в режиме холостого хода при питании разделительного трансформатора номинальным напряжением и номинальной частотой, не должны превышать 0,5 мА.



5. Повышенная перегрузочная способность разделительного трансформатора. При этом необходим контроль нагрузки и температуры разделительного трансформатора для того, чтобы персонал принял, не прерывая работы, необходимые меры. Например, отключил часть нагрузки.

6. Для уменьшения пусковых токов при включении разделительного трансформатора, которые могут привести к срабатыванию входных автоматов необходимо наличие устройства плавного пуска.

7. Повышенное требование к изоляции разделительного трансформатора.

Испытательное напряжение контроля изоляции между первичной и вторичной обмотками должно быть не менее 4 кВ.

8. Наличие устройства контроля изоляции, которое осуществляет непрерывный мониторинг сети с целью контроля состояния изоляции ИТ - сети. В случае снижения изоляции ниже установленного уровня выдает сигнал «нарушение изоляции».

9. Обязательное наличие экранирующей обмотки между первичной и вторичной обмотками разделительного трансформатора для снижения возможности возникновения пробоя изоляции между входной и выходной сетью.

10. Отклонение выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$  на холостом ходу и под нагрузкой не более 5 % от входного напряжения  $U_{\text{вх}}$ .

11. Наличие устройства контроля рабочего тока, температуры и изоляции разделительного трансформатора, которое обеспечивает измерение и выдает сигнал о выходе параметров за заданные пределы.

12. Наличие выхода для подключения устройства дистанционного контроля параметров разделительного трансформатора.

Необходимо отметить, что размещение в едином щите (с несколькими панелями) системы АВР, разделительных медицинских трансформаторов и выходной распределительной группы автоматических выключателей, является оптимальным решением, повышающим надежность и эффективность электроустановки, сокращающим время на ее обслуживание и экономящим место.

#### **Пост дистанционного контроля трансформатора ( ПДК )**

В большинстве случаев медицинские разделительные трансформаторы рекомендуется комплектовать постами дистанционного контроля разделительных трансформаторов (ПДК), которые устанавливаются непосредственно в зоне работы персонала и имеют степень защиты IP 54 (для санитарной обработки). ПДК представляет собой устройство световой, звуковой сигнализации и контроля состояния изоляции, температуры и тока нагрузки разделительного трансформатора. Должно иметь кнопку «ТЕСТ», которая служит для проверки исправности системы контроля изоляции и кнопку «СБРОС».

### ПДК В ПДК должны находиться:



1. Зелёная сигнальная лампа, которая служит для индикации нормальной работы и при уровне изоляции более 50 кОм;
2. Жёлтая сигнальная лампа загорается при снижении уровня изоляции менее 50 кОм;
3. Желтая сигнальная лампа загорается при превышении нормируемой температуры обмоток разделительного трансформатора;
4. Жёлтая сигнальная лампа загорается при перегрузке трансформатора.

Жёлтые сигнальные лампы аварийного режима могут отключаться только при восстановлении нормальных параметров и условий эксплуатации разделительного трансформатора.

5. Звуковая сигнализация, которая включается при выходе любого из контролируемых параметров за пределы нормы.

Данная звуковая сигнализация может отключаться. Однако, если звук был выключен при выходе одного из параметров за пределы нормы, то при выходе за пределы другого параметра включается снова.

**Примечание.** Так как многие медицинские приборы обладают собственной звуковой сигнализацией, то включение звуковой сигнализации ПДК не должно создавать помех для действия медицинского персонала и мешать проведению операций.

6. Кнопка «ТЕСТ» служит для проверки системы контроля изоляции
7. Кнопка «СБРОС» для отключения сигнала.

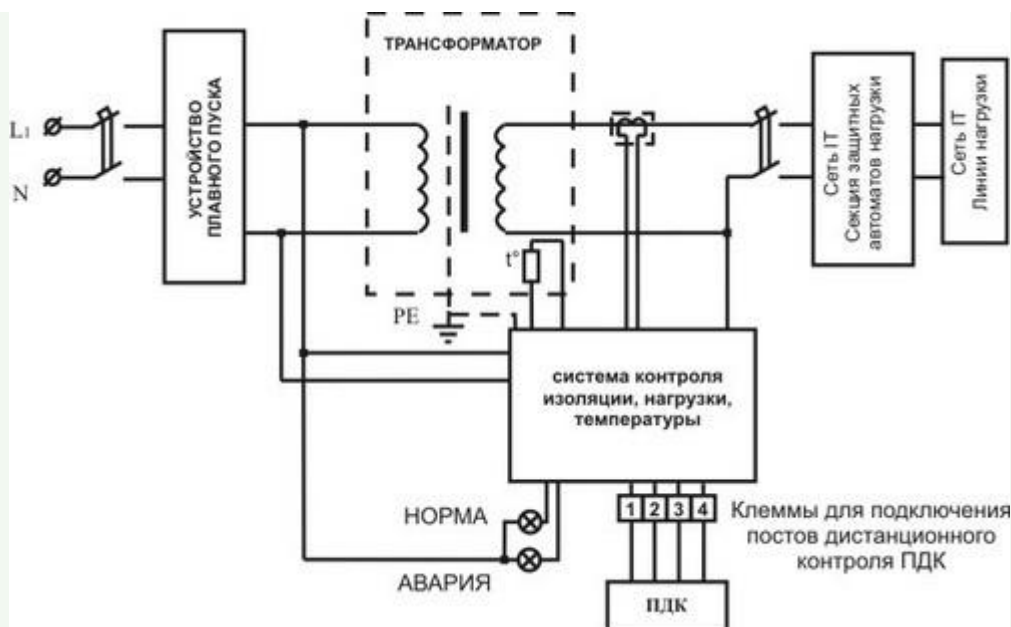


Рис.3. Электрическая принципиальная схема медицинского разделительного трансформатора

## ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ (ИБП) В СИСТЕМАХ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Согласно ГОСТ 50571.28-2006 «...Медицинские учреждения необходимо обеспечивать аварийными источниками электропитания, которые позволяли бы поддерживать нормальную работу медицинского оборудования ... в течение заданного периода времени и время приведения в действие которых не превышало бы времени, установленного соответствующими нормами... Если на одном или нескольких линейных проводниках главного распределительного устройства напряжение понизится более чем на 10 % относительно номинального, должна автоматически включаться система аварийного электроснабжения. Переключение электропитания должно происходить с задержкой времени, достаточной для нормального срабатывания коммутационных аппаратов и предотвращения ложных срабатываний».

В зависимости от скорости переключения на источник бесперебойного питания и поддержания нормальной работы оборудования в течение заданного периода времени все системы гарантированного электроснабжения подразделяются:

### 1. Система с временем переключения менее 0,5 секунд.

#### Оборудование:

Источник аварийного электропитания должен обеспечить освещение операционных столов и других важных объектов, например эндоскопов.

Время автономного питания - не менее 3 часов.

### 2. Система со временем переключения менее 15 секунд.

#### Оборудование:

- аварийное освещение;
- лифты для передвижения пожарных расчетов;
- вентиляционные системы для удаления дыма;
- пейджинговая служба;
- медицинское оборудование для подачи газа, включающее подачу сжатого воздуха, вакуумные насосы, используемое для анестезии и их управляющие устройства;
- системы пожарной сигнализации и пожаротушения.

Время питания - способность поддерживать электропитание в течение 24 часов. Время может быть уменьшено до минимального, равного 3 часам, если специфика медицинского учреждения позволяет в течение этого времени закончить все необходимые процедуры и провести эвакуацию.

### 3. Система со временем переключения более 15 секунд

Оборудование, не упомянутое как подлежащее подключению к более оперативно переключаемым аварийным источникам и используемое для вспомогательных нужд:

- стерилизационное оборудование;
- технические службы эксплуатации здания включающие вентиляцию и кондиционирование воздуха, отопительную систему, мусороудаление;
- холодильное оборудование;
- оборудование для приготовления пищи;
- устройства для зарядки аккумуляторов.

Время питания - способность поддерживать электропитание в течение минимум 24 часов, автоматически или вручную.

**В случае неисправности основной питающей сети должно быть обеспечено освещение от аварийной сети. Время переключения на аварийное освещение не должно превышать 15 с. Аварийным освещением должны обеспечиваться:**

- маршруты эвакуации;
- подсветка указателей выхода;;
- помещения, в которых расположены аварийные электрогенераторы и распределительные устройства основной и аварийной электросети;
- помещения для экстренных процедур. В каждом помещении должен быть, по крайней мере, один светильник, подключенный к аварийной сети
- помещения Гр1: В каждом помещении должен быть, по крайней мере, один светильник, подключенный к аварийной сети;
- помещения Гр2: В этих помещениях не менее 50% светильников должны иметь подключение к аварийной сети.

Необходимо отметить, что источником аварийного электроснабжения, на которой возможно переключение в течение 15 сек могут являться только резервный ввод с другого трансформатора подстанции или источник бесперебойного питания (ИБП). Фактически минимальное время переключения на них не превышает 0,5 сек. В то же время переключение на дизель/бензо-генератора горячего резерва занимает 60-90 сек т.к. необходим прогрев двигателя на холостых оборотах (опасность глушения).

Время автономной работы (ИБП) определяется емкостью подключенных батарей. При нескольких часах автономной работы и нагрузке в киловаттах суммарный габарит необходимых аккумуляторов представляет существенную величину. Поэтому аккумуляторы располагаются в специальном (аккумуляторном) шкафу, либо на стеллажах в отдельном помещении (с температурой не более 20 градусов). Батареи, применяемые в ИБП - необслуживаемые двенадцативольтовые. Подключаются последовательно друг к другу.

ИБП преобразует постоянное напряжение системы аккумуляторов в переменное. В зависимости от конструкции ИБП батарейный шкаф (стеллаж) подключаются к ИБП трехжильным кабелем (плюс, минус, земля), либо четырехжильным кабелем (плюс, минус, нейтраль, земля).

В конструкцию ИБП большинства производителей входят защитные автоматы либо выключатели с плавкими вставками. Также необходимо отметить, что для штатной работы источника требуется подключение защищаемой нагрузки «через ИБП». К сожалению, в проектах периодически встречаются однолинейные схемы электроснабжения в которых вход и выход ИБП соединены между собой. Такое соединение недопустимо т.к. противоречит принципам автономной работы источника.

Время работы дизель/бензо-генератора определяется емкостью топливного бака и техническим циклом. Генератор может поддерживать работу учреждения в течении нескольких суток. В то же время генератор требует специальное помещение (контейнер), систему вентиляции, систему подогрева, трубу для отвода выхлопа, пожарную сигнализацию, экологический раздел в проекте. Дизель/бензо-генераторы большинства производителей не имеют в конструкции защитных автоматов, рубильников с плавкими вставками и исполнительного контактора. Более того, даже у европейских производителей не всегда встречается система контроля выходного напряжения. Таким образом, 60-ти секундную задержку, подключение и отключение линии ДГУ необходимо проектировать в панели автоматики генератора, либо в щите АВР.

## ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ И СИСТЕМА УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ

### Определения

Национальные и международные стандарты четко определяют различные элементы заземляющих соединений. Следующие термины общеприняты в промышленности и литературе.

1. Заземляющий проводник - Защитный проводник, соединяющий основной заземляющий зажим установки с заземляющим электродом или другим средством заземления.
2. Открытая проводящая часть: Проводящая часть оборудования, которая не находится под напряжением при нормальных условиях, но может быть под напряжением при повреждении.
3. Защитный проводник - Проводник, используемый для средств защиты от поражения электрическим током
4. Проводник выравнивания потенциалов: защитный проводник, обеспечивающий эквипотенциальное соединение.
5. Главная заземляющая шина или зажим: шина или зажим для соединения защитных проводников, включая проводники выравнивания потенциалов и проводники для рабочего заземления, при их наличии, со средствами заземления.

### Защитное заземление

Операционные помещения должны иметь защитную заземляющую шину из меди сечением не менее 80 мм<sup>2</sup>, либо из другого металла с эквивалентным по проводимости сечением.

Операционный стол, наркозный аппарат и вся электромедицинская аппаратура, выполненная по 01 и 1 классам электробезопасности, должны быть соединены с защитной шиной защитными проводниками.

Сечение защитных проводников (по меди) должно быть не менее значений, указанных в таблице:

Сечение фазного проводника $S$ мм <sup>2</sup>	Сечение защитного проводника мм <sup>2</sup>
$S \leq 16$	$S$
$16 \leq S \leq 35$	не менее 16
$S \geq 35$	$S/2$

Минимальное сечение защитного проводника по меди, должно быть не менее:

- 2,5 мм<sup>2</sup> имеющего механическую защиту,
- 4 мм<sup>2</sup> не имеющего механической защиты.

Все штепсельные розетки в операционной должны быть с заземляющими контактами. От защитной заземляющей шины к заземляющим контактам штепсельных розеток должны быть проложены медные проводники сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

## **Система уравнивание потенциалов в медицинских помещениях Гр 2**

Уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей с помощью защитных проводников для достижения равенства их потенциалов.

В операционных должна быть установлена система уравнивания потенциалов (СУП), которая служит для создания одинакового потенциала всех металлических частей и конструкций, доступных для прикосновения. В дополнение к защитной заземляющей шине необходимо установить медную шину выравнивания потенциалов сечением не менее 80 мм<sup>2</sup> или из другого материала, но с эквивалентным по проводимости сечением.

Шина выравнивания потенциалов должна быть кратчайшим путем соединена с защитной заземляющей шиной медным проводником сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>.

Шину выравнивания потенциалов следует устанавливать в той части помещения, которая не охвачена шиной защитного заземления. При расположении заземляющей шины по всему периметру операционной отдельную шину выравнивания потенциалов предусматривать не следует.

Шину защитного заземления (выравнивания потенциалов) следует устанавливать на стенах на высоте 100-150 мм от пола, при этом следует добиваться плотного прилегания шины к стене.

В систему уравнивания потенциалов необходимо включать все металлические (проводящие) конструкции, доступные для прикосновения, которые могут оказаться под напряжением или могут вводить напряжение в медицинские помещения. СУП включает в себя специальные проводники, металлические оболочки кабелей, трубопроводы медицинских газов, металлические кабелепроводы, специальные металлические сетки, смонтированные в полу каждого этажа здания и т.д.

Система уравнивания потенциалов должна быть соединена с главной заземляющей шиной (ГЗШ).

**В каждом медицинском помещении Гр1 или Гр2 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).

Для медицинских помещений Гр2 электрическое сопротивление проводников, включая сопротивление соединений между зажимами защитного проводника штепсельных розеток, стационарного оборудования или любых сторонних проводящих частей и шины выравнивания потенциалов не должно превышать 0,2 Ом.

Шины уравнивания потенциалов должны быть расположены в самом медицинском помещении или в непосредственной близости от него. В каждом распределительном шкафу или в непосредственной близости от него должна быть расположена шина системы дополнительного уравнивания потенциалов, к которой подключают проводники дополнительного уравнивания потенциалов и защитные проводники.

Все соединения должны быть выполнены так, чтобы они были хорошо различимы и предусматривали возможность индивидуального отключения (сварка и пайка не рекомендуется). Для подключения к шине защитного заземления могут быть использованы специальные розетки или щитки заземления.

### **Функциональное (технологическое) заземление**

Для подключения аппаратуры предусматривается функциональное (технологическое) заземление, которое должно быть соединено с главной заземляющей шиной (ГЗШ). К линии функционального заземления подключаются розетки и щитки заземления, которые в свою очередь предназначены для внешнего подключения передвижных приборов, электрооборудования и металлоконструкций к линии функционального заземления.

## **ЭЛЕКТРОЩИТКИ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННЫХ**

Согласно РТМ-42-2-4-80 « ... В помещениях операционных должно быть установлено по два электрощитка на каждый операционный стол с комплектом розеток с заземляющими контактами. Щитки должны подключаться к вторичной обмотке разделительного трансформатора и устанавливаться на стенах на высоте 1,6 м от пола до низа электрощитка...»

Типовой электрощиток представляет собой пластиковый щиток со степенью защиты IP 54, с евро-розетками, автоматическими выключателями, индикацией наличия питания. Электрощиток должен иметь дополнительно контакт заземления для подключения его к линии функционального (технологического) заземления.

Согласно ГОСТ 50571.28-2006 «...Для каждого места лечения пациентов, например в изголовье коек ... должно быть установлено не менее двух розеток ... должна быть обеспечена индивидуальная защита от сверхтока для каждой розетки...». Согласно требованиям СанПиН 5179-90, в операционных, реанимационных отделениях, палатах интенсивной терапии должна проводиться регулярная антисептическая обработка помещения и оборудования.

Типовой электрощиток для подключения мест лечения пациента в медицинских помещениях второй группы согласно требованиям ГОСТ 50571.28-2006 представляет собой щит исполнения IP54, с двумя евро-розетками, автоматическими выключателями и светодиодной индикацией наличия питания на каждой из розеток. Щиток выпускается в наружном и встроенном исполнениях.



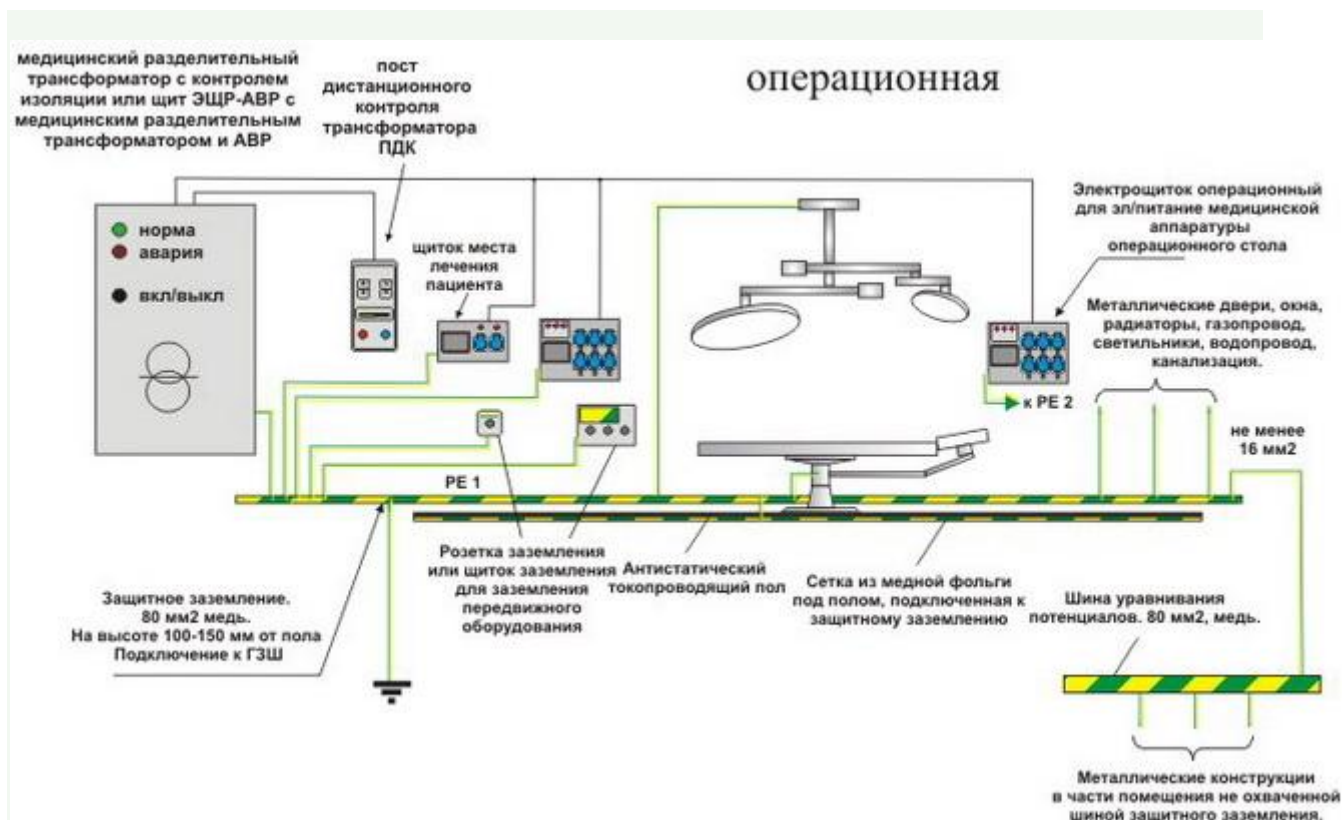


Рис. 4. Вариант организации медицинской IT-сети для питания операционной согласно ГОСТ 50571.28-2006

На рис.4 всё оборудование операционной подключается к общей системе уравнивания потенциалов согласно требованиям ГОСТ 50571.28-2006.

В то же время, инструкция РТМ-42-2-4-80 требует: « ... Для подключения аппаратуры предусматривается функциональное (технологическое) заземление, которое должно быть соединено с главной заземляющей шиной (ГЗШ). К линии функционального заземления подключаются розетки и щитки заземления, которые в свою очередь предназначены для внешнего подключения передвижных приборов, электрооборудования и металлоконструкций к линии функционального заземления...». Медицинская IT-сеть с технологическим заземлением щитков и розеток заземления согласно требованиям РТМ-42-2-4-80 представлена на рис. 5.

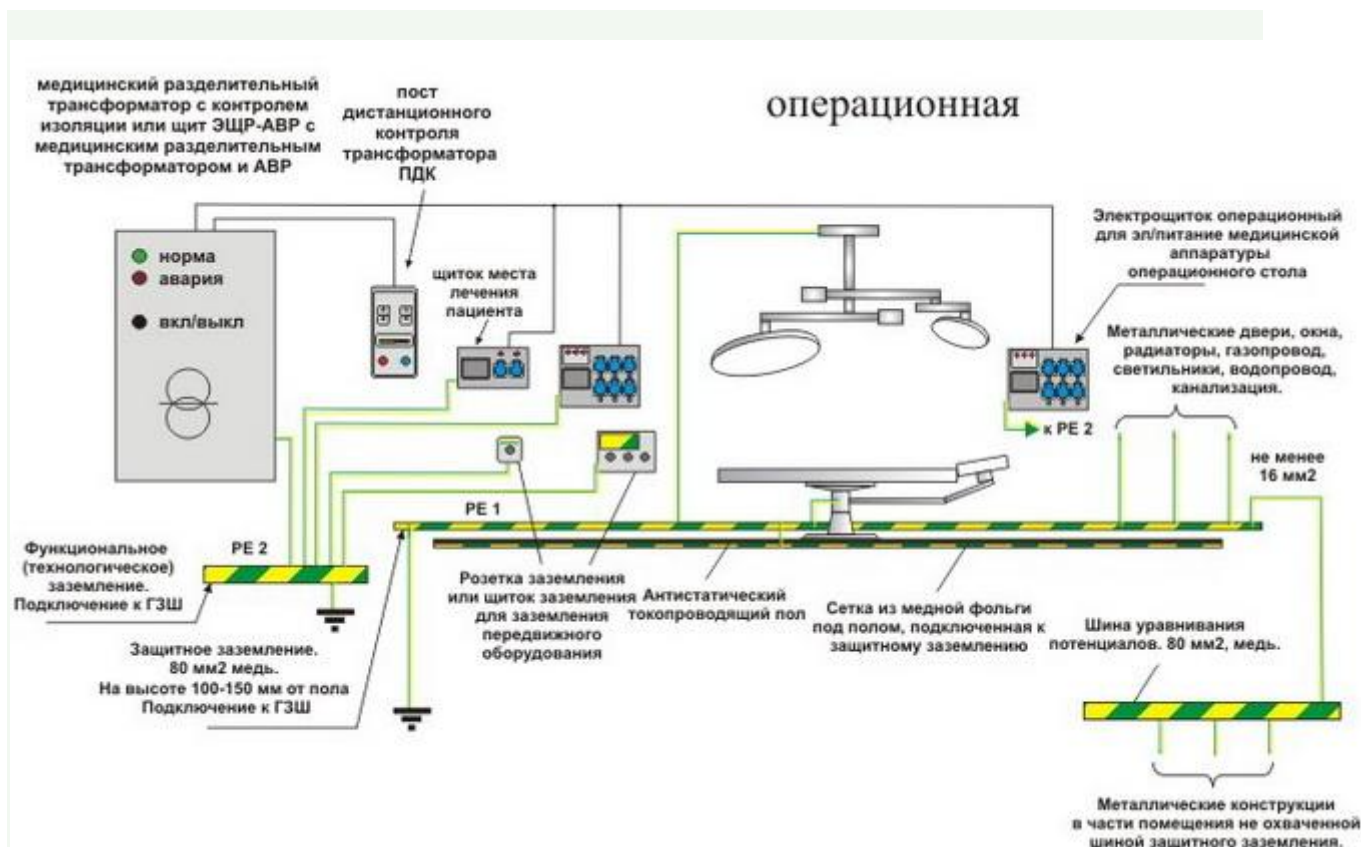


Рис. 5. Вариант организации медицинской IT-сети для питания операционной с технологическим заземлением щитков согласно РТМ-42-2-4-80

Из рис. 5 видно, что, в случае аварии электрической сети до медицинского разделительного трансформатора и протекания значительных токов в PE2, возникает значительная разность потенциалов между оборудованием, подключенным к PE2, и оборудованием, подключенным к PE1. Это представляет существенную опасность для персонала и пациента. Для предотвращения подобной ситуации мы рекомендуем подключение контура защитного заземления операционной (PE1) к технологическому заземлению (PE2) медным проводником сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$  либо вообще не применять технологическое заземление и опираться исключительно на требования ГОСТ 50571.28-2006 (рис. 4).

## ЩИТЫ ВВОДНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ДЛЯ МЕД.ПОМЕЩЕНИЙ

### Вводно-распределительное устройство

Вводно-распределительное устройство предназначено для ввода, учета и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 Гц напряжением 380 В в жилых и общественных зданиях. Устройство обеспечивает защиту линии электроснабжения объекта от перегрузок, коротких замыканий, аварий входящих линий и позволяет выполнять до трёх оперативных коммутаций в час. ВРУ размещается в отдельном специализированном помещении (электрощитовой), оборудованном согласно требованиям ПУЭ.

Проектирование ВРУ для медицинских учреждений имеет специфику. Наиболее важный момент - отражение в конструкции ВРУ деление потребителей электрической энергии на группы согласно ГОСТ 50571.28-2006. Энергоснабжение потребителей Гр1 и Гр2 рекомендуется выполнять от специальных линий, изначально выделенных только под эту задачу. Систему АВР медицинских разделительных трансформаторов необходимо подключать не менее, чем к двум независимым секциям ВРУ, для гарантирования бесперебойного энергоснабжения при аварии одной из секций.

Таким образом, обеспечивается повышение надежности электроснабжения важного оборудования, снижается вероятность аварий линий и снижается уровень помех в наиболее ответственной части электросети. Одновременно упрощается обслуживание электроустановки персоналом, поскольку появляется четкое деление панелей ВРУ согласно группам потребителей. Для удобства мы приводим практические примеры схем ВРУ с панелями АВР:

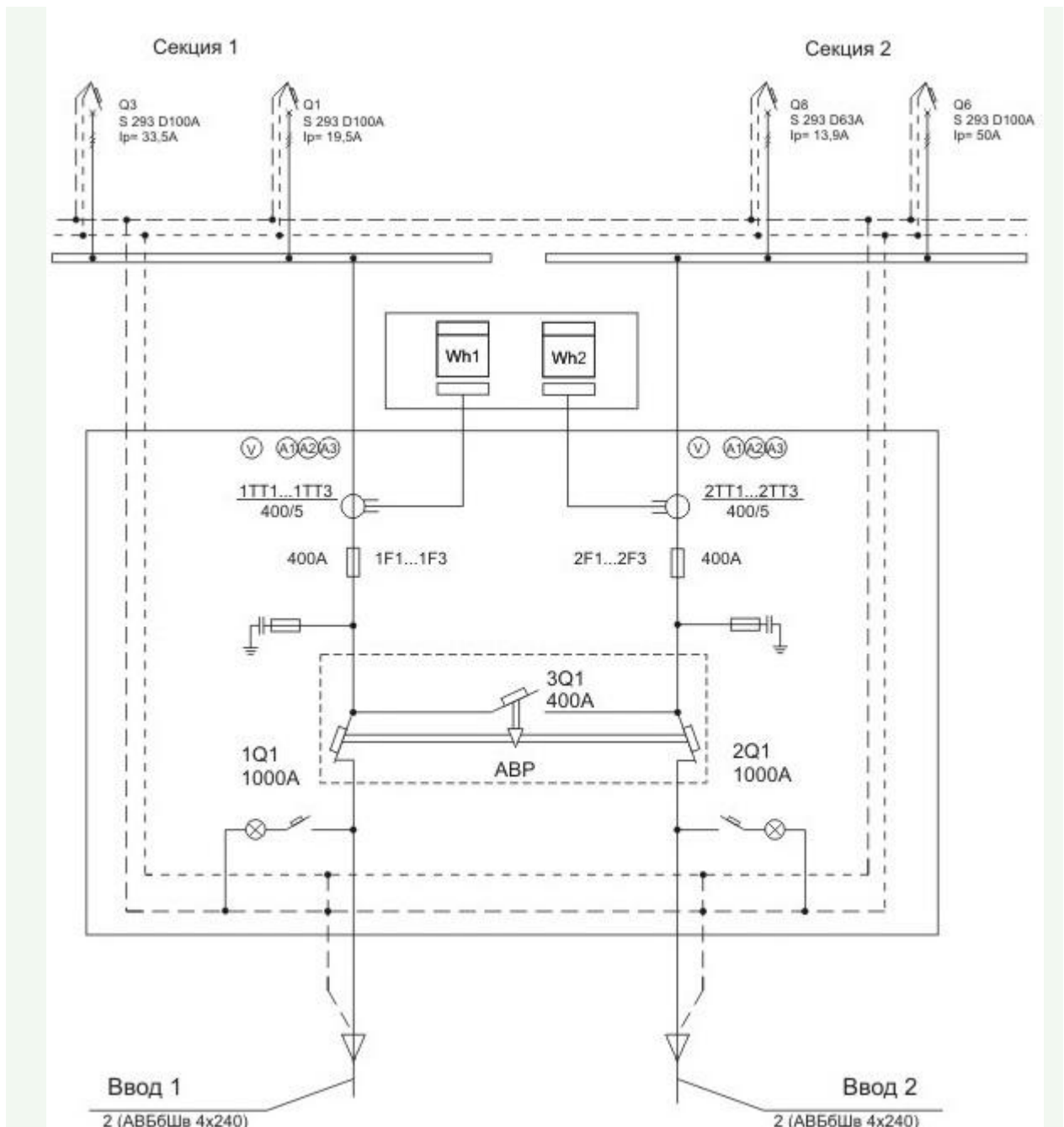
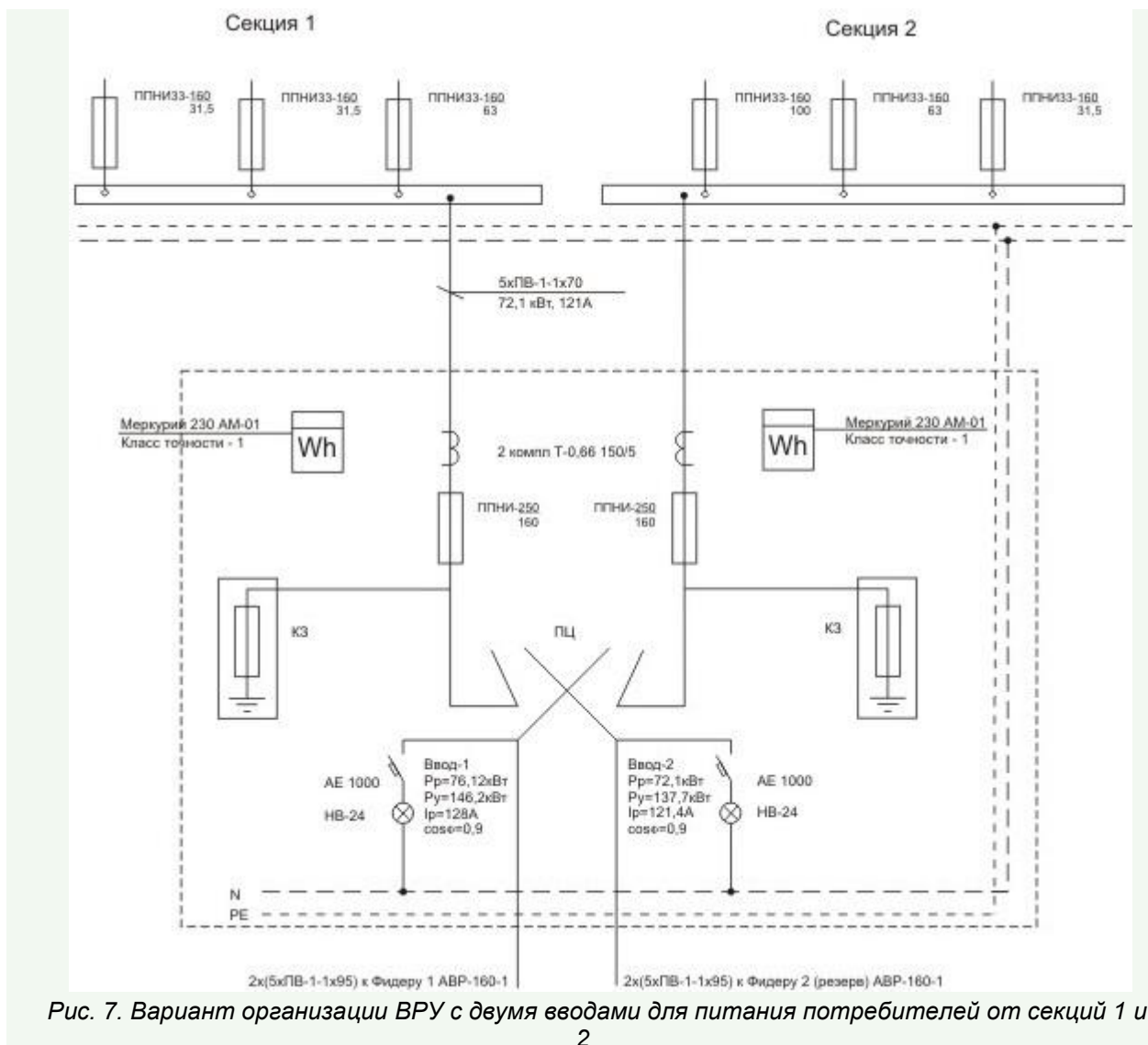


Рис. 6. Вариант организации ВРУ с двумя вводами для питания потребителей первой и второй категорий от секций 1 и 2



В приведенных практических примерах схем ВРУ с панелями АВР из проектов для медицинских учреждений подключение АВР медицинских трансформаторов выполнялось к секциям 1 и 2.

### Главный распределительный щит

Главный распределительный щит ГРЩ предназначен для распределения электрической энергии напряжением 380 В трехфазного переменного тока частоты 50 Гц в жилых и общественных зданиях в сетях с глухозаземленной нейтралью. ГРЩ защищает линии электроснабжения от перегрузок и замыканий. Главный распределительный щит устанавливается в помещении (электрощитовой), оборудованном согласно нормам. ГРЩ выполняется в одном или нескольких шкафах в зависимости от схемы и значения рабочего тока.

Так же в состав ГРЩ при необходимости включают панели аварийного ввода резерва (АВР) на два или три ввода. Панели АВР устанавливаются в медицинских учреждениях у потребителей Гр1 и Гр2, не допускающих перерывов в электроснабжении. Для потребителей первой группы устанавливают панель АВР с тремя вводами: основной ввод, резервный и ввод от дизель-генераторной станции, либо от источника бесперебойного питания ИБП. Таким образом, при отключении основного ввода панель АВР в ГРЩ переключается на резервный, а при потере резервного ввода - запускает дизель-генератор или подключает ИБП, чем достигается практически полная автономность электроснабжения.

## Щит аварийного ввода резерва

Щит автоматического ввода резерва (АВР) предназначен для работы в цепях 380 В трехфазного переменного тока частоты 50 Гц и цепях 220 В однофазного переменного тока частоты 50 Гц для автоматического переключения нагрузки на резервный ввод электроснабжения в случае аварии по основному вводу.

В основе системы управления АВР устанавливают микропроцессорные реле контроля фаз ведущих производителей с возможностью настройки параметров. Реле осуществляют контроль входного трехфазного напряжения по каждому вводу по параметрам:

- величина напряжения по фазам должна находиться в заданном коридоре (минимум/максимум);
- контроль обрыва любой из фаз;
- контроль обрыва нейтрали;
- контроль правильности чередования фаз.

При несоответствии электропитания заданным параметрам (отклонение более 10% по ГОСТ 50571.28-2006) по основному вводу и наличии нормы питания по резервному вводу, АВР переключает нагрузку на резервный ввод, согласно требованиям ГОСТ 50571.28-2006 к электроснабжению потребителей соответствующей группы. При восстановлении качества питания по основному вводу в течении заданного времени происходит обратное переключение.

Для потребителей первой категории (медицинских учреждений, производств непрерывного цикла) устанавливают АВР не менее чем с тремя вводами (основной ввод, резервный ввод и ввод от ИБП, либо от дизель-генератора горячего резерва).

В приведенном ниже практическом примере показано подключение медицинской IT системы к общей системе электроснабжения с вводом от двух независимых секций ВРУ и дизель-генераторной станции. Управление дизель-генераторной станцией и коммутация линии осуществляется панелью АВР.

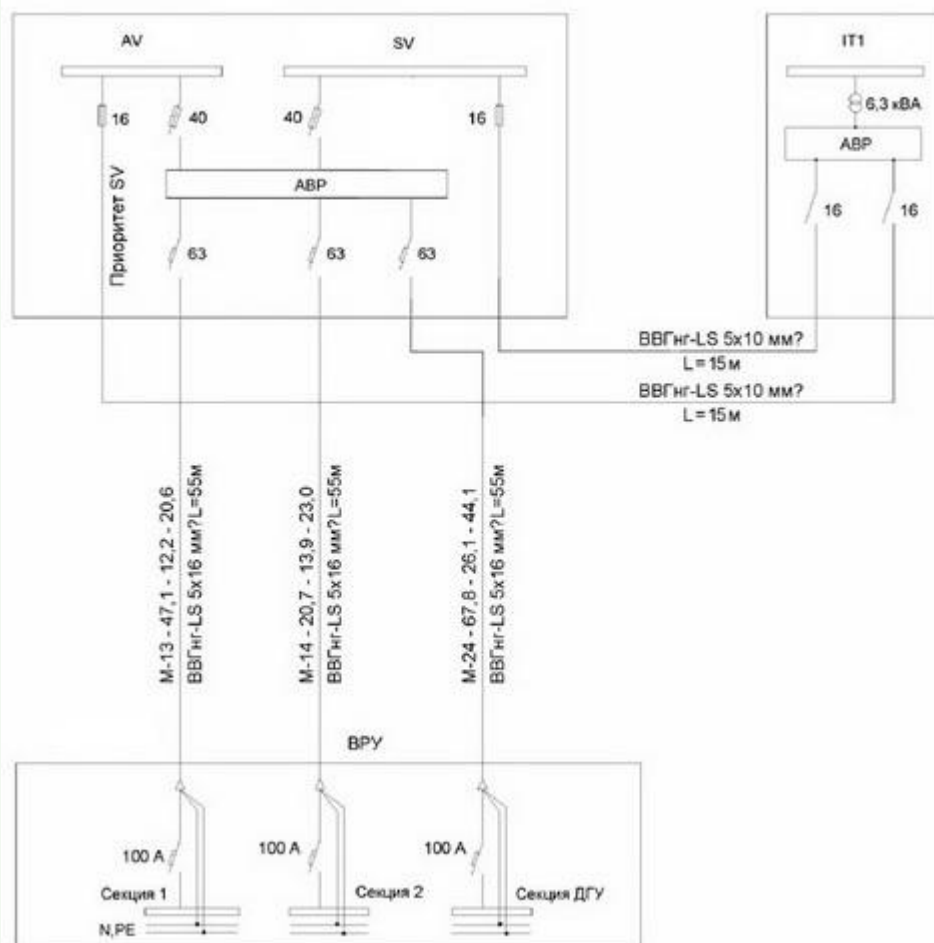


Рис.8. Пример организации ИТ сети с тремя вводами (основной, резервный и ДГУ) для питания потребителей первой и второй категорий от секций AV и SV

ABP для разделительных медицинских трансформаторов подключают на два ввода. Это могут быть две независимые секции ВРУ (если установлено дополнительное резервирование), либо ввод от ВРУ и ввод от ИБП. Практические примеры схем подключения приведены ниже:

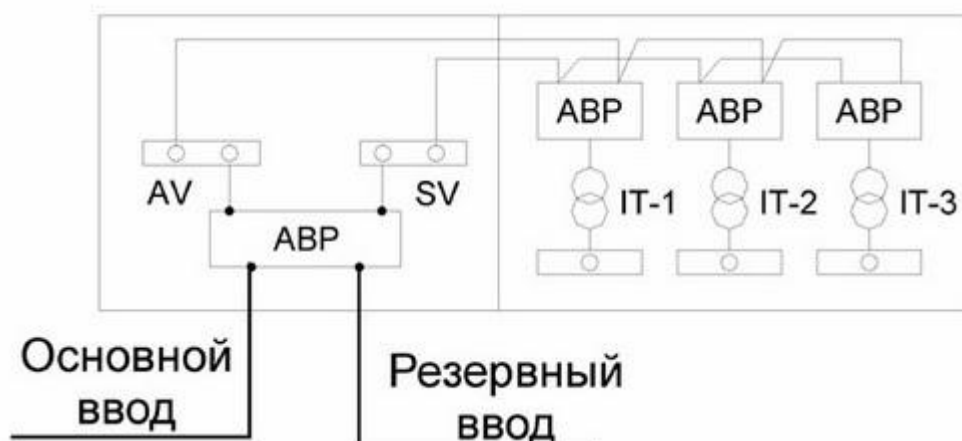


Рис. 9. Пример организации ИТ сети с двумя вводами (основной и резервный) для питания трех операционных кабинетов от секций AV и SV



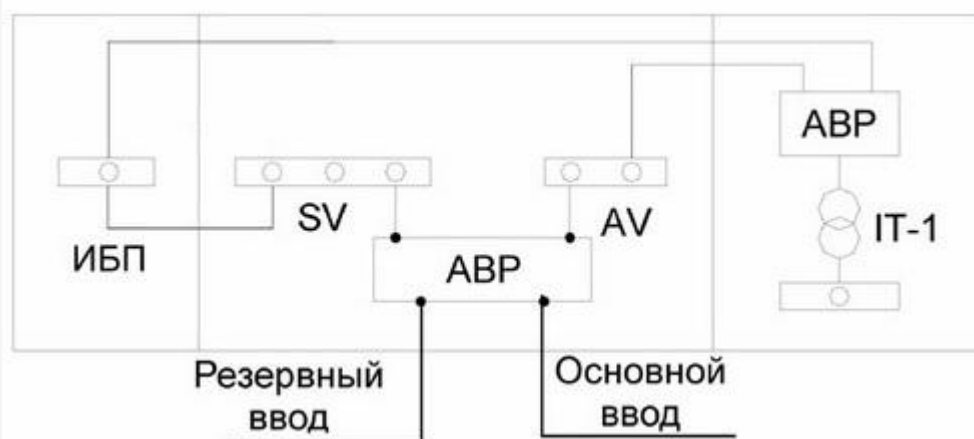


Рис. 10. Пример организации ИТ сети с двумя вводами (основной и резервный) и ИБП для питания операционного кабинета

Пример подключения ИТ системы с ИБП. Потребитель подключается к секции АВР через ИБП. В случае аварии основного и резервного вводов произойдет автоматическое включение источника бесперебойного питания.

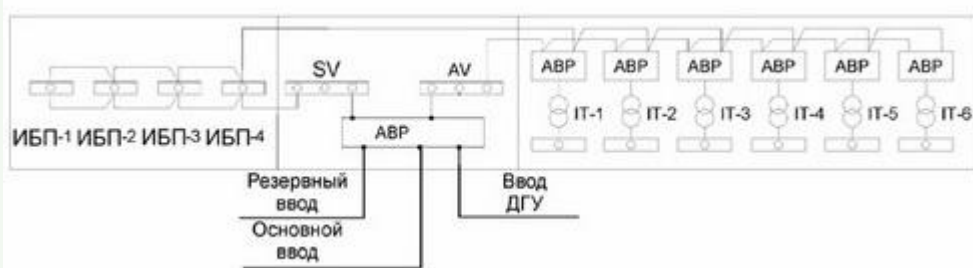


Рис. 11. Пример организации нескольких ИТ сетей с питанием от трех вводов (основной, резервный и ДГУ) для питания группы потребителей. Генератор управляется АВР, ИТ системы подключаются к секции AV через источники бесперебойного питания, работающими с «общей нагрузкой»

Использование источника бесперебойного питания не вносит существенных изменений в схему АВР, т.к. при аварии ИБП автоматически «подхватывает» нагрузку. В случае осуществления питания от бензо/дизель-генератора, схема управления АВР должна подавать команду на управления запуском/остановкой ДГУ (команда - замыкание сухого контакта реле), а также производить коммутацию линии ДГУ с учетом времени, необходимого на прогрев двигателя (60 сек). Соответственно усложняются схема и алгоритм работы АВР, либо необходимо размещение отдельной панели автоматики ДГУ. Так же необходимо учитывать, что подключение линии ДГУ без прогрева двигателя на холостых оборотах приведет к его глушению.

Если величина нагрузки превышает мощность ИБП, то следует воспользоваться режимом работы с «общей нагрузкой», доступным всем современным источникам. В этом режиме несколько ИБП работают в параллельно на общего потребителя. Единственной особенностью является последовательность включения системы. Сначала на режим последовательно выводятся ИБП, а только затем следует подключение нагрузки.

Если оценивать с точки зрения комплекса организационных мероприятий, то применение для резервирования ИБП - наиболее простое и эффективное решение. Установка и обслуживание ДГУ намного сложнее. Фактически, дизель-генератор перед ИБП имеет единственное (но очень важное) преимущество - большой срок автономии, зависящий только от емкости топливного бака.



Современный уровень развития аккумуляторных батарей достичь подобных сроков по разумной цене в приемлемом массо-габарите не позволяет

### **Щит распределительный ЭЩР**

Распределительный щит ЭЩР предназначен для приема и распределения электрической энергии напряжением 380 В трехфазного переменного тока частоты 50 Гц и электрической энергии напряжением 220 В однофазного переменного тока частоты 50 Гц в жилых и общественных зданиях. Распределительный щит защищает линии электроснабжения от перегрузок и коротких замыканий, позволяет выполнять оперативные коммутации. Распределительный щит также может быть оборудован защитой от утечек на землю (для этого в нем устанавливают УЗО либо дифференциальные автоматы).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной статье мы постарались рассмотреть основные моменты, касающиеся проектирования и построения систем электроснабжения медицинских помещений. Надеемся, что данная информация будет полезна для проектных и монтажных организаций.

По всем дополнительным вопросам можете обращаться к специалистам нашей компании, которые будут рады на них ответить, дать Вам необходимые консультации и найти оптимальные пути решения технических задач.

Также, обладая большим научно-исследовательским потенциалом, современной лабораторией и большим опытом разработок, мы всегда готовы изготовить для Вас нестандартное электрооборудование по вашему техническому заданию.

### **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ЭНЕРГОЗАЩИТНЫЕ СИСТЕМЫ»**

В настоящее время ООО «ЭнергоЗащитные Системы» разработаны и выпускаются ряд устройств комплексного решения организации эл/питания медицинских помещений отвечающие всем требованиям, предъявляемым к электрооборудованию медицинских учреждений:

#### **1. Медицинские разделительные трансформаторы серии ТР и ТРТ.**

Изделие представляет собой законченную щитовую конструкцию с разделительными трансформаторами, автоматами защиты по входу и выходу, системой контроля изоляции, температуры и тока нагрузки, устройством плавного пуска. Имеет разъем для подключения поста дистанционного контроля трансформатора ПДК. Трансформаторы выполняются с экранирующей заземленной обмоткой между первичной и вторичной обмотками. Сертифицированы по ГОСТ 50571.28-2006.

В 2007 году ООО «ЭнергоЗащитные Системы» был получен патент РФ № 70046 на полезную модель (изобретение), в соответствии с которым все авторские права на изготовление и продажу медицинских разделительных трансформаторов принадлежат исключительно ООО «ЭнергоЗащитные Системы» г. Санкт-Петербург.

2. Посты дистанционного контроля разделительного трансформатора ПДК. Устанавливаются непосредственно в зоне работы медицинского персонала для визуального контроля параметров медицинской IT-сети.

3. Электрощитки серии ЭЩР-0-6 для электроснабжения оборудования операционных, реанимационных, родильных отделений, палат интенсивной терапии и иных медицинских помещениях Гр1 и Гр2 по ГОСТ 50571.28-2006. Щитки выполняются в модификациях как для навесного, так и скрытого монтажа.

4. Электрощитки серии ЭЩР-0-2 для электроснабжения мест лечения пациента в палатах и иных медицинских помещениях Гр1 и Гр2 по ГОСТ 50571.28-2006. Щитки выполняются в модификациях как для навесного, так и скрытого монтажа.

5. Электрощитки серии ЭЩР-Ф-3 (для физиотерапевтических, процедурных, рентгеновских кабинетов и др. медицинских помещений Гр1 по ГОСТ 50571.28-2006.

Щитки выполняются в модификациях как для навесного, так и скрытого монтажа.

6. Групповые физиощитки серии ЭЩР-Ф-А. Щитки выполняются в модификациях как для навесного, так и скрытого монтажа.

7. Щитки заземления ЭЩР-З-З и РОЗЕТКИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ, предназначенные для подключения функционального (технологического) и защитного заземления в медицинских помещениях. Внешнее подключение электрооборудования к розетке или щитку заземления производится гибким проводом с трубчатым наконечником в боковое отверстие специального втулочного разъема. Щитки выполняются в модификациях как для навесного, так и скрытого монтажа.

8. Щиты распределительные серии ТР-ЩР с разделительными трансформаторами и автоматическим вводом резерва (АВР). Изделие представляет собой законченную щитовую конструкцию с медицинскими разделительными трансформаторами, блоком АВР и секцией защитных автоматов для подключения нескольких линий нагрузки. Время переключения АВР не превышает 0,5 сек. АВР имеет индикацию на лицевой панели. Разделительные трансформаторы обеспечивают безопасность эксплуатации электрооборудования, а АВР - бесперебойную работу с помощью переключения нагрузки с основного ввода питания на резервный.

9. Щиты автоматического ввода резерва (АВР) серии ЭЩР-АВР, предназначенные для обеспечения бесперебойного питания и автоматического переключения нагрузки потребителя на электропитание с резервного ввода в случае пропадания одной из фаз основного ввода и возврат в исходное состояние при восстановлении фаз основного питания. Щиты изготавливаются как на 2, так и на 3 ввода (основной, резервный и питание от дизельгенератор

10. Щиты вводно-распределительные (ВРУ) и главный распределительный щит (ГРЩ), предназначенные для ввода и распределения электрической энергии потребителям Гр0, Гр1 и Гр2. Щит представляет собой законченную конструкцию с устройством ввода электроэнергии, системой АВР, блоком учета электроэнергии и распределительными панелями для подключения потребителей.