



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 331.45

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

<sup>1</sup>Липкович И.Э., <sup>2</sup>Петренко Н.В., Кубак Н.А.

*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, Россия (347740, г. Зерноград, Ростовская область, ул. Советская ул., 21), e-mail:*

*<sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru; <sup>2</sup>petrenko.new@mail.ru*

---

**В статье рассмотрены все этапы операций по обслуживанию подстанций и распределительных устройств. Данные операции требуют четкую последовательность выполнения в строгом соблюдении мер безопасности.**

Ключевые слова: Безопасность; обслуживание; подстанция; распределительные устройства; оборудование.

## ORGANIZATIONAL BASES OF WORK SAFETY WHEN SUBSTATION AND SWITCHGEAR MAINTENANCE

<sup>1</sup>Lipkovich I.E., <sup>2</sup>Petrenko N.V., Kubak N.A.

*Azov-Chernomorsk Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University in Zernograd, Russia (347740, Zernograd, Rostov region, ul. Sovetskaya St., 21), e-mail: <sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru,*

*<sup>2</sup>petrenko.new@mail.ru*

---

**The article considers all stages of operations for the maintenance of substations and switchgears. These operations require a clear sequence of execution in strict observance of security measures.**

Keywords: Safety; service; substation; distribution devices; equipment.

Согласно ГОСТ Р 55608-2018 формы обслуживания подстанций (ПС) и распределительных устройств (РУ) определяются их расположением и значением в энергосистеме, в промышленном предприятии и степенью автоматизации и телемеханизации. В промышленных предприятиях и сетевых районах имеются ПС и РУ с постоянным дежурством персонала и без него. В первом случае дежурный персонал находится постоянно на обслуживаемом объекте, во втором случае персонал не прикрепляют к одному объекту; он производит одновременное обслуживание нескольких ПС и РУ. На автоматизированных и телемеханизированных ПС и РУ обслуживание централизовано; на них отсутствует постоянный дежурный персонал промышленного предприятия или сетевого района, за которым закреплено несколько ПС и РУ [1].

В СП 76.13330.2016 отмечено, что осматривать оборудование на ПС и РУ можно при наличии напряжения и при снятом напряжении одновременно с их ремонтом. При осмотре без снятия напряжения соблюдают необходимые меры предосторожности, например, запрещается

проникать за ограждения или заходить в камеры РУ и ПС. При осмотрах эксплуатируемых ПС и РУ следят за тем, чтобы температура воздуха внутри помещений не превышала +40 °С и не отличалась от температуры наружного воздуха более чем на 15 °С. Необходимость этого контроля обуславливается тем, что для оборудования и аппаратуры ПС и РУ опасен нагрев выше пределов, допускаемых ГОСТом. Важнейшее значение имеет тщательный уход за оборудованием и производственными помещениями; строгое выполнение указаний производственных и заводских инструкций. Необходимо поддерживать чистоту в помещении, так как запыление изоляции приводит к ее ускоренному износу; пыль, попадая во вращающиеся механизмы, ухудшает условия их работы. Очень важно следить за состоянием систем охлаждения трансформаторов, электродвигателей и выключателей. Для понижения температуры либо снижают нагрузку на оборудование и аппаратуру ПС и РУ, либо усиливают вентиляцию, с тем чтобы отвести избыток теплоты наружу. Вентиляция должна обеспечивать заданный температурный режим в помещении при различных колебаниях температуры окружающего воздуха [1, 2].

Превышение допустимых температур нагрева сильно влияет на изоляцию оборудования и аппаратов, вызывая ее ускоренное старение, а при значительном перегреве может произойти разрушение и пробой изоляции. Повышение температуры разъемных контактных соединений ведет к усиленному окислению контактных поверхностей, увеличению их переходного сопротивления и к еще большему нагреву.

Повышенные нагревы могут возникать не только в том случае, если ухудшается охлаждение, но и при перегрузках соответствующих аппаратов и оборудования. Поддержание надежного и экономичного режима работы всего оборудования входит в обязанности оперативного дежурного персонала.

На экономичность работы установки влияет правильное распределение нагрузки между параллельно работающими агрегатами и их число, схема сети и ряд других факторов. Если нагрузка уменьшается, то бывает целесообразно, чтобы работало меньшее количество агрегатов, так как при этом сокращаются потери энергии.

При осмотрах маслонаполненных аппаратов следят за тем, чтобы они содержали необходимое количество масла. Это обстоятельство имеет особенно важное значение в тех случаях, когда масло является дугогасящей средой отключения короткого замыкания при недостатке масла в аппарате приводит к аварии. Ответственное место в масляных выключателях – контактная система, четкость работы которой может нарушиться при отключениях коротких замыканий. Поэтому после разрыва выключателем тока к. з. большой мощности производят осмотр выключателя и проверяют качество контактной системы как в отношении четкости работы, так и одновременности включения контактов. Качество состояния контактов признается удовлетворительным, если их переходное сопротивление соответствует данным завода-изготовителя [3].

Перед измерением несколько раз включают и отключают аппарат для того, чтобы вызвать самоочистку контактов. У правильно отрегулированных контактов разновременность их включения составляет не более 0,5–3% хода их траверсы. Для нормальной работы воздушных выключателей необходимо, чтобы подаваемый к ним сжатый воздух был свободен от механических примесей и не имел повышенной относительной влажности (более 50%). Воздух сушат редуцированием. Примеси в воздухе понижают четкость работы выключателя,

а наличие повышенной влажности вызывает конденсацию влаги и перекрытие изоляции внутри выключателя. Обслуживающий персонал систематически следит за исправностью фильтров, очищающих воздух, и состоянием водопоглотителей (адсорбентов), своевременно заменяя их наполнителем. Магистральные воздухопроводы РУ и ПС продувают не реже одного раза в год [2, 4].

При осмотре обращают внимание на то, чтобы плиты, закрывающие кабельные каналы, во избежание распространения огня при пожарах в каналах были из негорючих материалов. При осмотрах проверяют исправность вентиляции общего назначения и аварийной, предназначенной для быстрого вывода при авариях из ПС и РУ продуктов сгорания органической изоляции, а также исправность отопления и сети освещения. Кровля помещений должна быть всегда в исправности, так как попадание внутрь помещений влаги приводит к увлажнению изоляции электрооборудования и аппаратов. Все проемы и отверстия в наружных стенах закрывают сетками. Подъездные дороги для транспорта к ПС и РУ по условиям пожарной безопасности должны всегда находиться в исправном состоянии и ничем не загромождаться.

При осмотрах РУ напряжением до 1000 В разрешается проводить без наряда следующие работы: уборку помещения, смену ламп, ремонт замков и дверей, замену плавких вставок при снятом напряжении, ремонт или замену выключателей освещения. Сроки осмотров РУ без их отключения зависят от вида обслуживания, принятого для них: на объектах с постоянным дежурством – один раз в сутки (для выявления наличия электрических разрядов – не реже одного раза в месяц); на объектах без постоянного дежурного персонала – не реже одного раза в месяц.

График плановых осмотров РУ и ПС устанавливает главный энергетик предприятия. Кроме плановых осмотров все РУ и ПС подлежат внеочередным осмотрам после ликвидации короткого замыкания. Внеочередные осмотры открытых РУ и ПС проводят также при неблагоприятной погоде. Во время осмотров в журналах записывают показания приборов (вольтметров, амперметров и др.) и фиксируют выявленные при осмотрах неисправности, с тем чтобы они могли быть устранены в кратчайший срок. Для контроля обнаруженных неисправностей в журнале имеется специальная графа, в которой отмечается время ликвидации неисправности. При эксплуатации РУ и ПС необходимо осматривать состояние резервного электрооборудования. Оно должно быть готово к включению в любой момент без предварительной подготовки. Такую проверку осуществляют периодически, включая резервное оборудование под напряжение. Сроки проверки резервного электрооборудования устанавливают местными инструкциями [5].

Периодические осмотры шкафов КРУ и смонтированных в них аппаратов проводят также в зависимости от местных условий. При осмотрах КРУ проверяют состояние электрической изоляции устройства, выключателей, проводов, механизмов доводки и блокировки разъединяющихся контактов первичной и вторичной цепей и наличие смазки на трущихся частях механизмов. Периодически контролируют состояние резервных элементов КРУ (трансформаторов, кабельных муфт, шин), с тем чтобы они всегда находились в состоянии, допускающем их немедленное включение в эксплуатацию.

Большую роль в повышении надежности и экономичности режима работы электроустановок и улучшении качества электроэнергии играют устройства автоматики,

телемеханики и диспетчеризации. Поэтому они всегда должны быть включены в работу. Их роль особенно возрастает при авариях и других внезапных изменениях режима работы электроустановок.

Наиболее сложными и ответственными являются действия дежурного персонала при ликвидации нарушений режима работы установки, вызванных повреждением или аварией оборудования. Такие нарушения режима обычно происходят неожиданно и требуют от дежурного персонала незамедлительных действий.

При обслуживании ПС периодически проверяют состояние заземляющего устройства и, если необходимо, измеряют его сопротивление специальным прибором – измерителем заземления МС-07 или МС-08. Для измерения (рисунок 1) используют вспомогательный 4 и потенциальный 5 заземлители – стальные стержни диаметром не менее 5 мм, забиваемые в грунт на глубину 0,5 м. Потенциальный заземлитель называется зондом. Измеритель заземления 1 располагают в непосредственной близости к испытываемому заземлителю 6; вспомогательный заземлитель и зонд – соответственно на расстояниях 30 и 20 м от измеряемого заземления. При измерениях зажимы  $I_1$  и  $E_1$ , замкнутые перемычкой, присоединяют к испытываемому заземлителю. К зажиму  $I_2$  присоединяют вспомогательный заземлитель, а к зажиму  $E_2$  – зонд. Перед измерением производят компенсацию сопротивления зонда, для чего переключатель 3 ставят в положение *Регулировка* и, вращая рукоятку генератора с частотой вращения 135 об/мин, поворотом головки переключателя пределов измерения 2 устанавливают стрелку прибора на красную отметку шкалы. Если это не получается, необходимо уменьшить сопротивление зонда. Затем измеряют сопротивление заземляющего устройства, отсчитывая его по шкале (в омах) с учетом выбранного коэффициента измерения [2, 5].

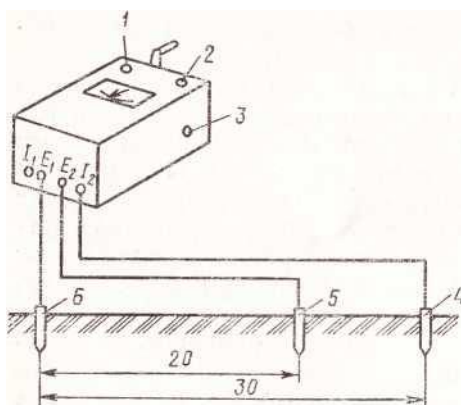


Рисунок 1 – Схема включения измерителя заземления МС-07

### **Сроки осмотров, ремонта и профилактических испытаний, электрооборудования подстанций и распределительных устройств.**

При эксплуатации производят осмотр, чистку, ремонт и профилактические испытания оборудования подстанций и распределительных устройств.

Текущий ремонт включает работы, не требующие вскрытия оборудования: чистку электрооборудования от пыли; проверку действия движущих частей аппаратуры; контроль состояния изоляции; подтяжку крепящих болтов по мере надобности в сроки, установленные главным энергетиком предприятия.

Отключение для ремонта любого РУ и ПС неизбежно вызывает нарушение нормальной схемы электроснабжения потребителей, поэтому ремонт должен начинаться со сборных шин и линейных присоединений, т. е. с транзитной части РУ. Такой порядок позволяет при необходимости, не закончив весь объем ремонтных работ, включить сборные шины и создать нормальную схему для других ПС.

При проверке контактов шин затяжку выполняют гаечными ключами. Качество контакта при ремонте проверяют щупом толщиной 0,05 мм и шириной 10 мм, который не должен проходить на глубину более 5 мм, а в процессе эксплуатации с помощью термоиндуктора. В качестве стационарного индикатора применяют специальную пленку, наклеиваемую вблизи контактов. При температуре 60–70 °С термопленка имеет красный цвет, при дальнейшем нагревании – темнеет, что указывает на плохой контакт затяжки шин. Масляные выключатели и их приводы, разъединители с приводами и заземляющие ножи ремонтируют не реже одного раза в три года, а воздушные выключатели с их приводом – не реже одного раза в два-три года; все остальные аппараты РУ – по результатам осмотров и профилактических испытаний. Кроме указанного выключателя ремонтируют после того, как произведено отключение трех-четырёх коротких замыканий [3, 6].

Капитальный ремонт электрооборудования ПС и РУ производят с вскрытием оборудования. Масляные выключатели и их приводы подвергают капитальному ремонту не реже одного раза в три года, а воздушные выключатели с их приводом – не реже одного раза в два-три года. Кроме указанного масляные и воздушные выключатели подвергают внеочередному капитальному ремонту после того, как произведено отключение трех-четырёх коротких замыканий. Разъединители и их приводы дистанционного управления, а также заземляющие ножи подвергают ремонту не реже одного раза в три года, все остальные аппараты ПС и РУ – по результатам осмотров и профилактических испытаний.

Приведенные сроки работы электрооборудования РУ без капитального ремонта являются максимальными и соответствуют нормальным условиям эксплуатации этого электрооборудования. При тяжелых условиях эксплуатации, например повышенной частоте отключений к. з., капитальный ремонт выключателей производят чаще – в сроки, установленные главным энергетиком предприятия применительно к местным условиям.

Профилактические испытания масляных и воздушных выключателей, их приводов, а также приводов дистанционного управления разъединителей производят, как правило, одновременно с капитальным ремонтом. Статические конденсаторы, маслонаполненные измерительные трансформаторы, контакты соединений шин и присоединений к аппаратам (при отсутствии термоиндикаторов) подвергают профилактическим испытаниям не реже одного раза в три года, остальные аппараты РУ – не реже одного раза в шесть лет.

Объем и порядок профилактических испытаний и нормы для них приводятся в ПТЭ и ПТБ. Объем и сроки профилактических испытаний силовых трансформаторов определяются местными инструкциями, в которых учитываются условия работы трансформаторов и их техническое состояние [3, 4].

**Оперативные переключения.** Оперативные переключения – одна из наиболее ответственных операций, выполняемых дежурным персоналом электроцеха РУ и ПС. Переключения выполняет дежурный персонал, прошедший специальную подготовку. Все

сложные и простые переключения в установках, не имеющих устройств блокировки разъединителя, производят два человека, один из которых непосредственно выполняет переключения, а другой контролирует их правильность. Перечень лиц, которым предоставлено право производить оперативные переключения, ограничивается и утверждается лицом, ответственным за электрохозяйство установки.

Оперативные переключения производят по распоряжению лица, в ведении которого находится РУ и ПС. Дежурный, которому предстоит осуществить переключения, на основе полученного распоряжения продумывает предстоящие операции. После этого он заполняет бланк переключений, в котором дается последовательность предстоящих операций. Производить оперативные переключения без бланков переключений разрешается в особых случаях при пожарах, несчастных случаях с людьми и ликвидации аварий.

Исполнителю перед выполнением переключения разъясняют порядок и последовательность предстоящих действий. При переключениях необходимо помнить, что высоковольтный выключатель и разъединитель предназначены для разных функций – разъединитель не предназначен для отключения или включения электросети с нагрузкой. Если его использовать для этой цели, это приведет к образованию дуги, которая перебросится на соседние фазы, вызывая короткое замыкание. Замыкание и размыкание нагрузочной цепи является операцией, для которой предназначен силовой выключатель, имеющий специальное дугогасящее устройство. Перед операцией разъединителем предварительно убеждаются, что выключатель действительно находится в отключенном положении. Разъединитель необходимо включать быстро, доводя операцию до конца даже при возникновении дуги при подходе ножа к неподвижному контакту. Отключать разъединитель надо, наоборот, медленно; в случае появления дуги в начале операции разъединитель необходимо быстро и решительно включить обратно. Ниже приведены примеры простейших оперативных переключений в РУ и ПС.

Вывод в ремонт одной из спаренных кабельных линий № 3 напряжением 10 кВ, питающейся от одного выключателя, показан на Рисунке 2. Для этого надо предварительно снять нагрузку с кабеля № 3 у потребителя. Затем выяснить длину кабеля. Если его длина более 10 км, то отключать разъединителями зарядный ток запрещается [1, 4].

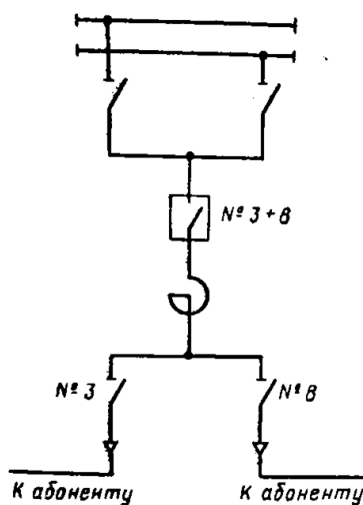


Рисунок 2 – Схема вывода в ремонт одной из спаренных кабельных линий напряжением 10 кВ, питающихся от одного выключателя

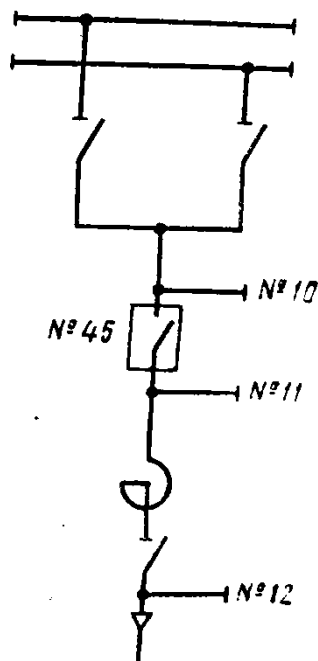


Рисунок 3 – Схема включения в работу линии напряжением 10 кВ после ремонта

При длине кабеля до 10 км по амперметру проверяют отсутствие нагрузки на кабеле и отключают линейные разъединители кабеля № 3; закрывают на замок привод отключенного разъединителя; на приводе линейных разъединителей вывешивают плакат «Не включать – работают люди»; сообщают потребителю о снятии напряжения с кабеля № 3, после чего потребитель, соблюдая все правила безопасности, устанавливает у себя защитное заземление, вывешивает необходимые плакаты. Только после этого можно производить ремонтные работы.

В работу линию напряжением 10 кВ включают после ремонта (Рисунок 3). Например, получено распоряжение включить в работу после ремонта линию № 45. Действие персонала: снять заземление № 10 и 11 с выключателя и заземление № 12 с линейных разъединителей линии № 45, а также все плакаты и ограждения; по механическому указателю или по положению контактов проверить отключение выключателя линии № 45; снять замки с приводов разъединителей линии № 45; включить шинные разъединители линии на заданную систему шин; включить линейные разъединители линии; подать оперативный ток на привод выключателя линии № 45; включить выключатель; сообщить потребителю о том, что напряжение на линию № 45 подано. По условиям техники безопасности при включении и отключении разъединителей необходимо пользоваться изолирующей штангой и диэлектрическими перчатками [4, 6].

Анализируя все этапы операций по обслуживанию подстанций и распределительных устройств, можно с уверенностью сказать, что данные операции требуют четкую последовательность выполнения в строгом соблюдении мер безопасности.

### **Общие требования охраны труда.**

1.1. К использованию технических средств обучения допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний

по состоянию здоровья, имеющие 1 квалификационную группу допуска по электробезопасности. К использованию проекционной аппаратуры и других технических средств обучения учащиеся не допускаются.

1.2. Лица, допущенные к использованию технических средств обучения, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

1.3. При использовании технических средств обучения возможно воздействие на работающих следующих опасных и вредных производственных факторов:

- поражение электрическим током при отсутствии заземления корпуса демонстрационного электрического прибора или неисправном электрическом шнуре и электрической вилки;
- ослепление глаз сильным световым потоком при снятии защитного кожуха демонстрационного электрического прибора во время его работы;
- ожоги рук при касании защитного кожуха демонстрационного электрического прибора во время его работы;
- возникновение пожара при воспламенении киноплёнки, диафильма, диапозитивов, слайдов и пр.

1.4. При использовании технических средств обучения необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

1.5. При несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить администрации колледжа. При неисправности технических средств обучения прекратить работу и сообщить администрации колледжа.

1.6. Соблюдать порядок использования технических средств обучения, правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

1.7. Лица, допустившие невыполнение или нарушение инструкции, законодательных и нормативно-правовых требований по охране труда, привлекаются к ответственности в соответствии с законодательством РФ.

2. Требования охраны труда перед началом работы

2.1. Установить проекционную электрическую аппаратуру с противоположной стороны от выхода из помещения.

2.2. Заземлить корпус электрического прибора, имеющего клемму «Земля».

2.3. Убедиться в целостности электрического шнура и вилки прибора, а также исправности линз объектива и наличии защитного кожуха.

3. Требования охраны труда во время работы

3.1. Не подключать демонстрационный электрический прибор к электрической сети влажными руками.

3.2. Включить демонстрационный электрический прибор и убедиться в его нормальной работе, а также работе охлаждающего вентилятора.

3.3. Во избежание ослепления глаз мощным световым потоком, не снимать защитный кожух во время работы демонстрационного электрического прибора.

3.4. Во избежание ожогов рук не касаться защитного кожуха демонстрационного электрического прибора во время его работы.



3.5. Не оставлять работающие технические средства обучения без присмотра пожарной безопасности.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

4.1. При возникновении неисправности в работе демонстрационного; электрического прибора или нарушении заземления его корпуса выключить прибор и отключить его от электрической сети. Работу продолжать только после устранения неисправности.

4.2. При воспламенении немедленно выключить демонстрационный электрический прибор, эвакуировать учащихся из помещения, сообщить о пожаре администрации колледжа и в пожарную часть по тел. 01, приступить к тушению очага возгорания с помощью первичных средств пожаротушения.

4.3. При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, при необходимости отправить его в ближайшее лечебное учреждение и сообщить об этом администрации колледжа.

5. Требования охраны труда по окончании работы

5.1. Выключить демонстрационный электрический прибор и после его остывания охлаждающим вентилятором отключить от электрической сети.

5.2. Убрать демонстрационный прибор в отведенное для хранения место.

5.3. Проветрить помещение и тщательно вымыть руки с мылом.

## Список литературы

1. Организационные основы безопасности при ремонте электрических двигателей в условиях предприятия АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).
2. Электробезопасность в сельскохозяйственном производстве: монография / И.Э. Липкович, М.М. Украинцев, И.В. Егорова, С.М. Пятикопов, М.В. Жолобова, Н.В. Петренко, С.В. Панченко, А.Н. Токарева, Ж.В. Матвейкина, А.С. Гайда. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022. – 244 с.
3. Пястолов А.А. Ерошенко Г.П. Эксплуатация электрооборудования - М.: Агропромэнерго, 1990 - 287 с.
4. Правила устройства электроустановок - М.: Энергоатомиздат, 1986 г. - 424 с
5. Е.А.Конюхова Электроснабжение объектов.- М, 2001-320 с.
6. П.Н.Листова Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве, 1984 г.

## References

1. Organizational bases of safety in the repair of electric motors in the conditions of the agricultural enterprise / Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V. // AgroEcoInfo. 2022. No. 3 (51).
2. Electrical safety in agricultural production: monograph / I.E. Lipkovich, M.M. Ukraintsev, I.V. Egorova, S.M. Pyatikopov, M.V. Zholobova, N.V. Petrenko, S.V. Panchenko, A.N. Tokareva, Zh.V. Matveikina, A.S. Guide. - Zernograd: Azov-Chernomorsk Engineering Institute of FGBOU VO Donskoy GAU, 2022. – p.244.

3. Pyastolov A.A. Eroshenko G.P. Operation of electrical equipment - М .: Agro-promenergo, 1990 – p. 287.
  4. Rules for the installation of electrical installations - М .: Energoatomizdat, 1986 – p. 424.
  5. Е.А. Кonyukhova Power supply of objects. - М, 2001- p.320
  6. P.N. Listova Application of electric energy in agricultural production, 1984
-