

Особенности расчета электрических нагрузок.

Надежность электроснабжения.

*Проектирование осветительной сети,
энергосбережение в системе освещения.*

Особенности расчета электрических нагрузок.

*Электрической нагрузкой в соответствии с ГОСТ 19431-84 называется мощность, потребляемая электроустановкой в установленный момент времени. При применении переменного тока полная мощность складывается из активных и реактивных составляющих, поэтому различают **полную, активную и реактивную** нагрузки. Часто понятие нагрузки распространяется также на электрический ток (токовая нагрузка), а иногда и на электрическое сопротивление (например, в виде сопротивления задается допустимая нагрузка вторичных цепей трансформаторов тока).*

Нагрузка линий задаётся в следующем виде: активной мощностью P , реактивной мощностью Q , полной мощностью S или током I .

Для характеристик потребляемой мощности пользуются следующими понятиями:

- 1. Номинальная активная мощность** приёмника электроэнергии – это мощность, указанная на заводской табличке или в паспорте приёмника электроэнергии (для источника света – на колбе или цоколе), при которой приёмник электроэнергии должен работать. Номинальная мощность светильников с лампами накаливания совпадает с потребляемой мощностью, а светильников с разрядными лампами с мощностью только ламп (без учёта потерь мощности в пускорегулирующих устройствах). Номинальная мощность электродвигателя – это мощность на валу при номинальной продолжительности включения.
- 2. Под номинальной реактивной мощностью** приёмника электроэнергии понимают реактивную мощность, потребляемую им из сети (знак плюс) или отдаваемую в сеть (знак минус) при номинальной активной мощности и номинальном напряжении.
- 3. Установленная мощность** – это сумма номинальных мощностей однородных электроприёмников.
- 4. Присоединённая мощность** – это мощность, которую потребляет из сети потребитель при полной его нагрузке. Присоединённая мощность равна установленной для всех электроприёмников, кроме электродвигателей. Для электродвигателей присоединённая мощность зависит от коэффициента загрузки рабочей машины, коэффициента полезного действия и коэффициента мощности.

5. Средняя активная мощность группы электроприемников,

где W – расход электроэнергии за рассматриваемый отрезок времени t .

Чаще всего необходимо знать среднюю мощность за смену $P_{\text{ср.см}}$ и за год $P_{\text{ср.г}}$

$$P_{\text{ср.г}} = \frac{W}{t_{\text{г}}}$$
$$P_{\text{ср.см}} = \frac{W}{t_{\text{см}}}$$

6. Коэффициент использования активной мощности одного ($K_{\text{иа}}$) или группы ($K_{\text{иаг}}$) электроприемников представляет собой отношение средней активной мощности отдельного приемника или группы приемников за наиболее загруженную смену к номинальной мощности

$$K_{\text{иа}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{н}}}$$
$$K_{\text{иаг}} = \frac{P_{\text{ср.г}}}{P_{\text{н}}}$$

Пропускную способность системы электроснабжения и номинальную мощность источников электроэнергии выбирают по максимальному или определённому по некоторому среднему за определённый промежуток времени значению нагрузки, которое называется расчетной нагрузкой.

Расчетные активная P_p мощность реактивная Q_p мощность полная S_p мощность

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi_p;$$

Из-за сложности определения расчетных $\cos\varphi_p$ и $\text{tg}\varphi_p$ допускается их принимать равным средним значениям: $\cos\varphi_p = \cos\varphi_{\text{ср}}$, $\text{tg}\varphi_p = \text{tg}\varphi_{\text{ср}}$.

Электрическая нагрузка – величина непрерывно изменяющаяся: одни потребители включаются, другие отключаются, изменяется мощность, потребляемая электродвигателями из сети, растёт уровень электрификации быта. Изменения нагрузки во времени принято изображать в виде графика нагрузки.

График нагрузки – это зависимость активной, реактивной или полной мощности от времени. Графики нагрузки строят суточные (изменение нагрузки от 0 до 24 часов) и годовые (от 0 до 8760 часов).

Суточные графики строятся на действующих объектах по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии, производимым каждый час. Графики дают среднее значение нагрузок в течение часа и должны строиться ступенями (рис. 1.1, а, б).

Для суточного графика характерны следующие величины:

- ▶ - максимум активной нагрузки P_m ;
- ▶ - максимум реактивной нагрузки Q_m ;
- ▶ - коэффициент мощности максимума $\text{tg}\varphi = Q_m/P_m$;
- ▶ - суточный расход активной энергии $W_{\text{сут}}$;
- ▶ - суточный расход реактивной энергии $V_{\text{сут}}$;
- ▶ - коэффициент заполнения суточного графика активной энергии

Значениями мощности P_{MIN} , P_{cp} и P_{max} (см. рис. 1.1, а) суточный график нагрузки делится на три характерные части: базисную ($0 < P \leq P_{\text{MIN}}$), полупиковую ($P_{\text{MIN}} < P \leq P_{\text{cp}}$), пиковую ($P_{\text{cp}} < P \leq P_{\text{max}}$).

Годовые графики строятся для упрощения анализа, в виде упорядоченной диаграммы по убывающим ординатам активной и реактивной нагрузок в течение года. Поэтому эти графики называют графиком продолжительности нагрузок. Приблизненно годовой график можно построить по двум характерным суточным графикам: один – за летний день (июнь), а другой – за зимний день (декабрь), как показано на рис. 1.1, а, б. При этом условно можно принять, что продолжительность зимнего периода для сельских потребителей равна 200 суток, а летнего – 165 суток. Построение годового графика начинают с максимума и выполняют в порядке постепенного снижения мощностей, для чего через оба суточных графика проводят ряд горизонтальных линий, расстояние между которыми выбирают с желаемой точностью построения. На горизонтальных линиях, на годовом графике откладывают времена, определяемые из выражения:

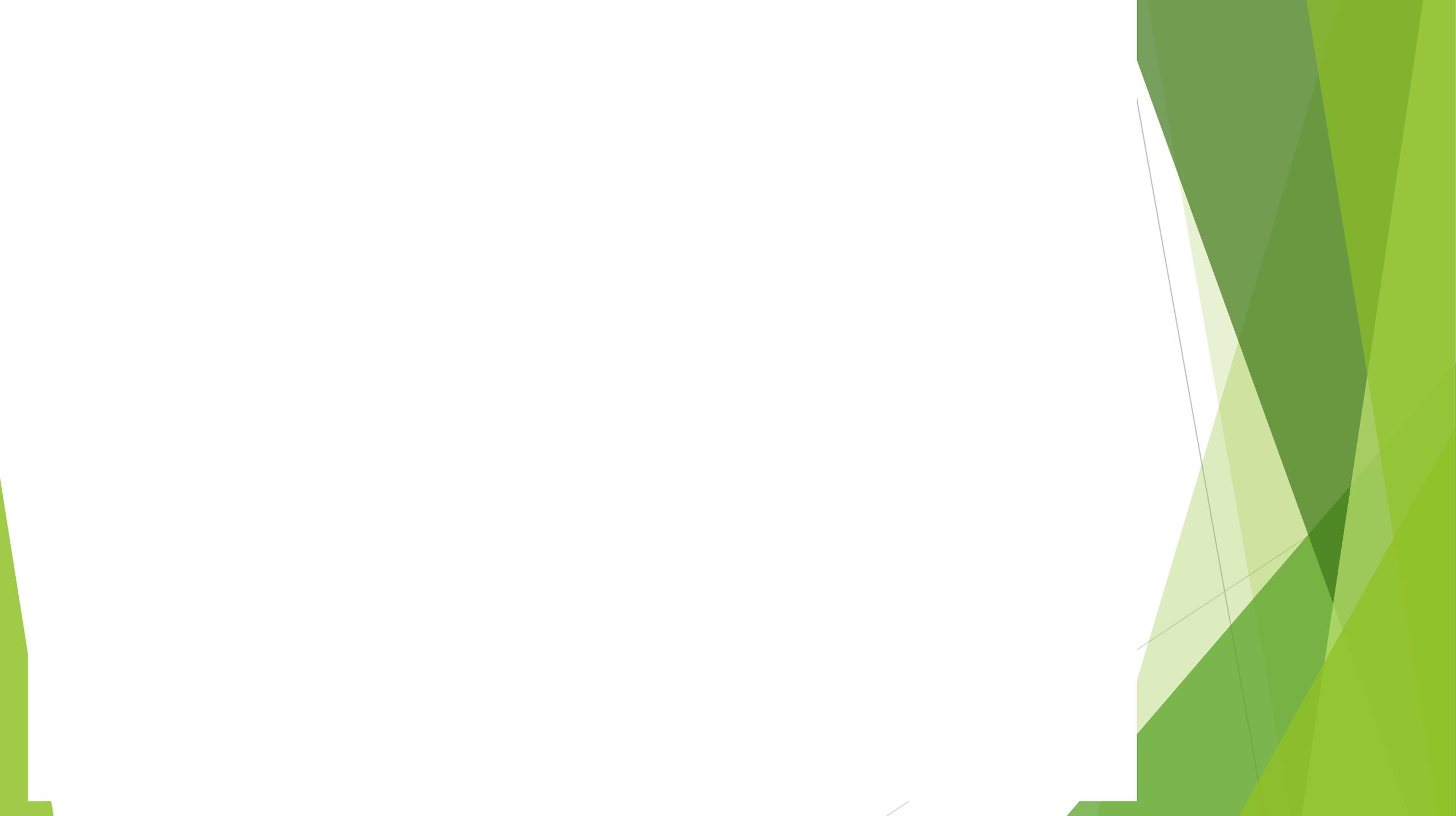
$$T_i = 200 \cdot t_{зг} + 165 \cdot t_{лг},$$

где $t_{зг}$, $t_{лг}$ – длительность нагрузки P_i соответственно на зимнем и летнем суточном графике.

Для годовых графиков характерны следующие величины:

- ▶ - максимумы нагрузки P_m , Q_m ;
- ▶ - годовой расход активной и реактивной энергии W_2 , V_2 ;
- ▶ - число часов использования максимума нагрузки

Число часов использования максимума нагрузки является важнейшей характеристикой графика электрических нагрузок. Оно показывает, сколько часов в году электроустановка должна была бы работать с максимальной нагрузкой, чтобы потребить из сети такое же количество электроэнергии, как и при работе по действительному графику нагрузок.



При проектировании систем электроснабжения применяют различные методы определения расчётных электрических нагрузок [1,2]. Расчёт электрических нагрузок в сельскохозяйственных районах производится в соответствии с Методическими указаниями по расчёту электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения, разработанными Сельэнергопроектом [21]. В методических указаниях приняты два способа подсчёта нагрузок: по вероятностным характеристикам или при помощи коэффициента одновременности.

При расчете по обоим методам в соответствии с суточным графиком электрических нагрузок пользуются данными о дневном (индекс “д”) и вечернем (индекс “в”) максимумах активной, реактивной и полной нагрузок: $P_{мд}$, $P_{мв}$, $Q_{мд}$, $Q_{мв}$, $S_{мд}$, $S_{мв}$.

Нагрузки определяются обычно для дневного и вечернего максимума нагрузок. Если от сети питаются только производственные потребители, расчёт можно выполнять для дневного максимума нагрузок, если потребители только бытовые, можно рассчитывать вечерний максимум нагрузки.

Когда речь идёт об электропитании одного потребителя, то определение расчётной нагрузки не вызывает проблем: расчётной нагрузкой следует считать максимальную нагрузку из двух указанных максимумов (вечерний или дневной).

Чаще всего объектом электропитания является группа электроприёмников, каждый из которых работает в переменном, не зависящем от других, практически стохастическом режиме (например, электробытовая нагрузка сельских жилых домов в поселке).

Надежность электроснабжения.

В своей практической деятельности в процессе проектирования и эксплуатации систем электроснабжения инженеру-энергетику приходится постоянно принимать различные решения. На эти решения оказывает влияние большое количество факторов, среди которых особое место занимает надежность.

Под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [16]. Применительно к системе электроснабжения наиболее обоснованным является следующее определение.

Надежность электроснабжения – это способность электрической системы обеспечивать присоединенных к ней потребителей электрической энергией заданного качества в любой интервал времени. При этом понятие надежности включает в себя как бесперебойность снабжения потребителей электроэнергией, так и ее качество – стабильность частоты и напряжения [2].

Основные понятия, термины и определения теории надежности

Энергетическая система – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и тепла при общем управлении этим режимом.

Электроэнергетическая (электрическая) система – совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы и питающихся от нее приемников электрической энергии, объединенных общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Система электроснабжения (СЭС) – объединенная общим производственным процессом совокупность элементов электрической системы: электрические сети, источники питания этих сетей, электроприемники и соответствующие аппараты управления и регулирования. Термины и определения, используемые в теории надежности систем электроэнергетики, даны в ГОСТ 27.002–89 [16]. Все термины теории надежности рассматриваются применительно к объекту.

Объект – предмет определенного целевого назначения, рассматриваемый с точки зрения анализа надежности. Под объектом можно понимать электротехническое изделие, техническую систему, комплект оборудования. Во всех случаях, когда нет необходимости конкретизировать предмет исследования, говорят об объекте и надежности объекта. Если же рассматривается задача, специфичная только для определенного вида изделия, то говорят о надежности трансформатора, изоляторов, линии электропередачи и др.

Элемент – объект, надежность которого изучается независимо от надежности составляющих его частей. Система – совокупность совместно функционирующих элементов, объединенных для выполнения единой задачи.

Надежность системы электроснабжения является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать в отдельности или в определенном сочетании ряд свойств.

1. Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

2. Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. 3. Ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

4. Сохраняемость – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Состояния и события при изучении надежности. С позиций теории надежности объект может находиться в исправном, неисправном, работоспособном и неработоспособном состоянии.

Исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации (НТД).

Неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативнотехнической и (или) конструкторской (проектной) документации. Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативнотехнической и (или) конструкторской (проектной) документации. Неработоспособное состояние – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативнотехнической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. По характеру исполнения и функционирования объекты могут быть восстанавливаемыми и невосстанавливаемыми. Восстанавливаемый объект – объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния предусмотрено в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Невосстанавливаемый объект – объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния не предусмотрено в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Следует отметить, что изучение показателей надежности для невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов (систем) производится отдельно. Под ремонтируемым будем понимать объект, ремонт которого возможен и предусмотрен нормативно-технической, ремонтной и конструкторской (проектной) документацией.

Нарушения электроснабжения (отключения) сельских сетей вызываются различными причинами и могут быть классифицированы следующим образом [9]:

- а) случайные (или аварийные), вызванные действием автоматической защиты или неправильным действием обслуживающего персонала;
- б) преднамеренные (или плановые), сделанные обслуживающим персоналом для выполнения ремонтов, профилактических испытаний и т. д.

Организационно-технические мероприятия по повышению надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса

К организационно-техническим мероприятиям относятся [12], [14]:

- повышение требований к трудовой и производственной дисциплине персонала;*
- создание условий повышения квалификации персонала;*
- рациональная организация, планирование текущих и капитальных ремонтов, профилактических испытаний, а также аварийных работ; ремонт линий под напряжением.*

Технические мероприятия и средства повышения надежности работы электрических сетей требуют дополнительных капиталовложений на развитие схем электроснабжения и обновление электрооборудования. К таким мероприятиям относятся [12], [14]:

- повышение надежности отдельных элементов сетей путем поэтапного вывода из строя устаревших конструкций, оборудования, в том числе опор, проводов, изоляторов, различного линейного и подстанционного оборудования;*
- сокращение радиуса действия электрических сетей; – применение подземных кабельных сетей;*
- сетевое и местное резервирование; – использование резервных электростанций;*
- автоматизация сельских электрических сетей;*
- использование современных методов технического диагностирования электрических сетей. б*

Сельскохозяйственные потребители и их электроприемники в отношении требований к надежности электроснабжения согласно [17] разделяются на три категории.

► Электроприемники 1 категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, технических средств противопожарной защиты по СТБ 11.0.2.

В состав электроприемников 1 категории может входить особая группа электроприемников. Электроприемники 1 категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электрической энергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического включения резервного питания. Для электроснабжения особой группы электроприемников 1 категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. Потребитель 1 категории может иметь один или несколько электроприемников 1 категории, количество электроприемников 2 и 3 категорий не ограничивается.

► **Электроприемники 2 категории** – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов, нарушению нормальной жизнедеятельности значительного количества сельских жителей.

Электроприемники 2 категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электрической энергией от двух независимых взаимно резервирующихся источников питания. Для электроприемников 2 категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной бригады.

► **Электроприемники 3 категории** – все остальные электроприемники, не подпадающие под определения 1 и 2 категории. Для электроприемников 3 категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 24 ч (1 сут.). Потребители 3 категории – все остальные потребители, не относящиеся к 1 и 2 категориям.

Перечень сельскохозяйственных потребителей 1 и 2 категорий по надежности электроснабжения

► *К потребителям 1 категории относятся:*

а) животноводческие комплексы и фермы:

– по производству молока на 1 тыс. голов и более с законченным производственным циклом и воспроизводством стада;

– комплексы по выращиванию и откорму 12 тыс. и более свиней в год;

б) птицефабрики:

– по производству яиц с содержанием 100 тыс. и более кур несушек;

– мясного направления по выращиванию 1 млн и более бройлеров в год;

– хозяйства по выращиванию племенного стада кур на 25 тыс. и более голов, а также гусей, уток и индеек в количестве 10 тыс. и более голов.

К потребителям 2 категории относятся:

- ▶ – животноводческие и птицеводческие фермы с меньшей производственной мощностью, чем для потребителей 1 категории;*
- ▶ – животноводческие комплексы и фермы по производству молока с учетом технологического резервирования доильных установок;*
- ▶ – тепличные комбинаты и рассадные комплексы;*
- ▶ – кормоприготовительные заводы и отдельные цеха при механизированном приготовлении и раздаче кормов;*
- ▶ – картофелехранилища емкостью более 500 т с холодоснабжением и активной вентиляцией;*
- ▶ – холодильники для хранения фруктов емкостью более 600 т;*
- ▶ – инкубационные цеха рыбоводческих хозяйств и ферм;*
- ▶ – комплексы и фермы по выращиванию молодняка сельскохозяйственных животных;*
- ▶ – по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота (КРС);*
- ▶ – мельнично-крупяные и комбикормовые предприятия, рабочие здания элеваторов, зернохранилищ, силосные норы, отдельно стоящие силосы, здания зерноскладов для хранения зерна и готовой продукции;*
- ▶ – предприятия по производству растительных масел и семян масличных культур;*
- ▶ – предприятия и линии для выработки консервной продукции в герметически закрытой таре.*