

УДК621.316.1:658.26(075.8)

## **МЕТОДИКА РАСЧЁТА И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ПЭВМ**

В.М. Степанов, В.С. Косырихин

*Представлены общие требования к электротехническим проектам и методика основ проектирования электрических сетей и электрооборудования систем электро-снабжения промышленных объектов при применении ПЭВМ.*

*Ключевые слова: промышленные объекты, электрические сети, силовое электрооборудование, ПЭВМ.*

Для создания, расширения, реконструкции и технологического перевооружения промышленного объекта и его нормального функционирования разрабатывается проектно-сметная документация (ПСД).

Разработка ПСД осуществляется на основании СНиП 1.02.01-85 «Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений». Проектированию предшествует технико-экономическое обоснование (ТЭО) или технико-экономический расчёт (ТЭР), в которых принимаются основные решения и рассчитывается соответствующая им стоимость строительства.

Расчётная стоимость, утверждённая в ТЭО или ТЭР и согласованная с подрядной организацией, не должна быть превышена при разработке ПСД в строительстве объекта.

В зависимости от сложности и размеров объекта дальнейшее проектирование ведётся в одну стадию (рабочий проект) или в две стадии (проект и рабочая документация). Этот порядок определяется в ТЭО или ТЭР утверждающей организацией.

В рабочем проекте или проекте уточняются проектные решения и технико-экономические показатели, принятые в ТЭО или ТЭР, выбирается оборудование, материалы, определяется объём строительства и уточняется его стоимость.

На основании решений рабочего проекта или проекта разрабатывается рабочая документация в составе, определённом СНиП 1.02.01-85:

- рабочие чертежи в соответствии с требованиями государственных стандартов СПДС (Система проектной документации для строительства), ГОСТ 21.607-82 «Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи», ГОСТ 21.608-84 «Внутреннее электрическое освещение и ГОСТ 21.613-88 «Силовое электрооборудование;

- сметная документация в соответствии со СНиП 1.02.01-85;

- ведомости объёмов строительных и монтажных работ по ГОСТ 21.111-84;

- ведомость потребности в материалах по ГОСТ 21.109-80;
- спецификация оборудования по ГОСТ 21.110-82;
- опросные листы по формам заводов-изготовителей оборудования;
- технические требования на изготовление конструкторской документации на нестандартное, нетиповое оборудование по ГОСТ 2.109-73, ГОСТ 2.113-75.

Кроме разработки перечисленных выше документов проектная организация по просьбе заказчика выполняет технические задания на изготовление низковольтных комплектных устройств (НКУ) в соответствии с ОСТ 16.0.800.485-84 или ОСТ 16.0.800.464-83 (или подстанций).

Рассмотрим далее назначение некоторых элементов ПСД.

Проектированию объекта предшествует подготовительный период, составной частью которого является выполнение заявок на обеспечение монтажных работ специальным оборудованием (например, трансформаторы IV габарита и выше, машины электрические 12...14 габаритов и выше и т.д.); оборудованием длительного изготовления (например, комплектные трансформаторные подстанции (КТП), распределительные устройства 6-10 кВ (КРУ), низковольтные комплектные устройства и т.д. и кабели 110 - 220 кВ). Для этой цели на стадии «Проект» составляются «Спецификации на электрооборудование» (СО), а для заявки изделий и материалов массового изготовления – «Ведомости электрооборудования и материалов».

На стадии «Рабочий проект» в части ПСД, передаваемой на утверждение, эти документы не разрабатываются.

На стадии «Рабочая документация» для заказа электрооборудования всех габаритов, изделий длительного изготовления и кабельной продукции предназначен документ «Спецификация оборудования» (СО). Для заказа поставляемых Генеральной подрядной организацией материалов на изготовление заводских изделий, конструкций и заготовок мастерских монтажных организаций (МЭЗ) предназначен документ «Ведомость потребности в материалах» (ВМ).

Для изготовления конструкций и деталей в МЭЗ предназначены документы «Ведомость конструкций и деталей, подлежащих изготовлению в МЭЗ» (ВБ) и «Ведомость изделий и материалов для изготовления конструкций и деталей в МЭЗ (ВА)».

Указанные выше документы составляются на основании рабочих чертежей, разрабатываемых проектной организацией и используемых ею типовых проектов.

При производстве электромонтажных работ в зоне монтажа используются следующие основные документы: «Планы расположения оборудования с прокладкой электрических сетей (шинопроводы, кабели, провода, светильники, шкафы, щиты и т.д.); «Схемы расположения электромонтаж-

ных конструкций», «Схемы электрические внешних подключений», «Схемы трубных электропроводок», «Установочные чертежи электрооборудования» и чертежи «Компоновка электротехнических помещений».

Для изготовления электромонтажных конструкций и деталей в МЭЗ используются соответствующие конструкторские чертежи типовых проектов, проектов повторного применения или вновь разрабатываемых для данного объекта.

При производстве наладочных работ из чертежей ПСД используются, в основном, «Схемы электрические принципиальные», «Схемы электрических соединений», «Схемы электрические внешних подключений» и планы расположения оборудования с прокладкой сетей».

Локальные и объектные сметы служат для определения стоимости электротехнической части объекта и оплаты заказчиком электрооборудования, транспортных и других расходов и электромонтажных работ.

В процессе электромонтажных и наладочных работ, с разрешения проектирующей объект организации, могут производиться уточнения и изменения проектно-сметной документации. В окончательном виде ПСД используется в полном объёме для эксплуатации объекта. Исключение составляет комплект чертежей и ведомостей на изготовление конструкций и деталей МЭЗ.

При разработке большинства из перечисленных видов ПСД целесообразно использование как отдельных программ для ПК, так и их пакетов или САПР, созданных к настоящему времени в различных организациях Российской Федерации и за рубежом.

Следует отметить, что так как разработка этого программного обеспечения никем не координируется, то созданные программы, пакеты и системы зачастую имеют между собой много общего, но каждая из них специализирована на определённые объекты и виды работ, при этом невозможна их стыковка друг с другом.

Проектирование электрических сетей и электрооборудования промышленных предприятий ведётся по трём направлениям:

- проектирование электроснабжения;
- проектирование силового электрооборудования;
- проектирование электрического освещения.

В проекте электроснабжения выполняется распределение электроэнергии от источника питания до цеховых трансформаторных и преобразовательных подстанций включительно. Данным проектом определяются: схема и конфигурация сети, размещение подстанций на плане предприятия, их конструкция и исполнение линий электроснабжения.

При проектировании силового электрооборудования производятся выбор электроприёмников и электрооборудования силовой сети, а также выбор и расчёт схемы распределения электроэнергии от подстанций к электроприёмникам.

Проектом электроосвещения решается конструктивное исполнение осветительной сети на основе светотехнических расчётов и предусматривается соответствующее оборудование.

Проектирование сложных электроприводов, преобразовательных и технологических электроустановок, а также электрооборудования подъёмно-транспортных установок относится к специальному электротехническому проектированию.

Разработка проекта электрической сети начинается с изучения технологического процесса, взаимных связей агрегатов, их режимов работы, возможных последствий при перерывах электроснабжения отдельных агрегатов, цеха или предприятия. Объём исходных данных определяется проектом и стадией проектирования.

Для проектирования электроснабжения необходимо располагать краткой характеристикой производства или кратким описанием технологического процесса, характеристикой окружающей среды, метеорологическими, климатическими и геологическими данными о районе, сведениями о назначении, количестве, единичной мощности, рабочем напряжении, режимах работы, степени нагрузки и месте размещения электроприёмников. Нужно также знать годовое число часов работы механизмов цеха или всего предприятия, количество смен, степень их загрузки, допустимые перерывы электроснабжения.

Перечисленные данные служат для определения расчётной нагрузки цехов и предприятия, характера её изменения, степени надёжности электроснабжения. На основании расчётов энергоснабжающая организация выдаёт технические условия на присоединение, объём которых установлен ПУЭ. В этих условиях указываются:

- ожидаемые электрические нагрузки крупных электроприёмников, цехов или предприятия в целом;
- места расположения и характеристики источников питания: мощность, напряжение, пределы его отклонения, степень обеспечения электроэнергией;
- точка присоединения к энергосистеме (электростанция, подстанция, ЛЭП) и величины ТКЗ в этой точке;
- данные о сторонних потребителях, которых необходимо питать от сети предприятия;
- напряжения, трассы и выполнение питающих линий;
- требования к учёту электроэнергии, релейной защите, автоматике и защите от перенапряжений;
- рекомендуемые мероприятия по повышению коэффициента мощности;
- ряд других требований, зависящих от конкретных условий.

Для проектирования внутризаводского электроснабжения, кроме перечисленных данных, необходим генеральный план предприятия с нанесёнными на нём зданиями, сооружениями, наземными и подземными коммуникациями, автодорогами, железнодорожными путями и согласованными по предварительному плану трассами линий электроснабжения и размещёнными на нём подстанциями.

При проектировании крупных подстанций (УРП, ГПП, ПГВ, ЦРП), преобразовательных или тяговых подстанций, кроме технических условий на проектирование, требуются:

- схема внутреннего электроснабжения с характеристиками отходящих линий (назначение, расчётные токи рабочего и послеаварийного режимов), их конструктивное исполнение;
- план размещения подстанции на генеральном плане предприятия с направлениями отходящих и питающих линий;
- сведения о перспективах роста нагрузок и расширения подстанции на 8-10 лет ввода её в эксплуатацию.

Исходные данные для проектирования цеховых ТП на напряжение 6...10/0,4...0,69 кВ должны содержать:

- расчётные нагрузки ТП;
- сведения о степени надёжности электроснабжения с характеристиками потребителей;
- схемы сетей внутреннего электроснабжения 6...10 кВ и внутрицеховых сетей 0,4...0,69 кВ с параметрами линий, отходящих от ТП;
- решения по компенсации реактивной мощности;
- план места размещения подстанции.

При проектировании силового электрооборудования надо располагать:

- схематическим планом здания с технологическим, подъёмно-транспортным и санитарно-техническим оборудованием;
- данными о взаимосвязях механизмов и их характеристиками (мощность, назначение, комплектность поставки электротехнической части; ряд особых требований к управлению и автоматике, например реверсированию, блокировке и т.п.);
- сведениями об источниках питания;
- указаниями о резервировании питания, учёте электроэнергии, компенсации реактивной мощности и заземлении.

Для проекта сети электроосвещения нужны следующие исходные данные:

- схематический план и разрезы здания с краткими сведениями о помещениях, характеристиками среды и выполняемых работ;
- указания о рабочих поверхностях;
- размещение источников питания (цеховая ТП или вводной РП);

- дополнительные требования к осветительной установке (необходимость распознавания цветовых оттенков, местного, локализованного освещения и т.п.).

Качество и объём исходных материалов определяют качество проекта и длительность его разработки.

Проекты выполняются в соответствии с ЕСКД при обязательном соблюдении требований действующих нормативных документов (с изменениями и дополнениями).

В пояснительной записке к проекту, кратко, чётко и логично излагающей принятые решения, проводятся исходные данные для разработки проекта с копиями исходной технической документации, а также результаты расчётов. Чертежи вычерчиваются в строгом соответствии с действующими стандартами.

Исполнение нормалей, типовых чертежей и проектов, разрабатываемых проектными организациями, обеспечивает единую систему выполнения проектов и сокращает сроки проектирования. Перечень действующих нормалей и альбомов типовых чертежей деталей и узлов промышленных электроустановок, обязательных для применения в проектах, публикуются в бюллетене «Инструктивные указания по проектированию электрических промышленных установок» (ВНИПИ Тяжпромэлектропроект). Отступления от типовых проектов и нормалей, увеличивающие капитальные вложения в строительство, не допускаются.

Составление электротехнической части проекта возможно лишь с учётом требований и особенностей технологической, строительной и санитарно-технической его части. Поэтому работа над проектом должна начинаться с изучения технологической части и её особенностей. Все принимаемые решения в электротехнической части проекта нужно согласовывать с проектировщиками смежных специальностей.

Размещение электрооборудования предусматривается с учётом требований технологического процесса и удобства эксплуатации. Электротехнические устройства не должны стеснять технологическое оборудование, загромождать проходы, мешать проезду промышленного транспорта. Эти вопросы согласовываются с проектировщиками технологической части.

В соответствии с возможностями и требованиями технологов в строительной части предусматриваются прокладки в производственных помещениях токопроводов, электропроводок и кабелей, размещение цеховых комплектных трансформаторных подстанций, пультов управления, распределительных пунктов, крепление на строительных конструкциях электрических аппаратов, использование технологических эстакад для прокладки токопроводов, кабелей и т. п.

Конструктивное исполнение и внешний вид электрической сети, направление трасс, размещение электрооборудования и электроконструкций должны удовлетворять требованиям технической эстетики.

При несогласованном проектировании порой невозможно проложить коммуникации, рационально расположить технологическое оборудование, что ведёт к переделкам при монтаже и затягивает сроки сдачи объекта. Несогласованность при выполнении различных электроустановок одного объекта приводит к росту номенклатуры оборудования и материалов, увеличению объёма и длительности монтажных работ, к усложнению эксплуатации.

В проектах необходимо предусматривать электрооборудование, электроконструкции и кабельную продукцию, не снятую с производства. Применение электрооборудования, осваиваемого производством, допускается только после согласования с соответствующими организациями электротехнической промышленности. Использование некомплектных устройств, нетиповых изделий, изготавливаемых по специальным заказам, не рекомендуется, так как это увеличивает стоимость проекта, сроки поставки и монтажа.

При разработке проекта надо учитывать технологию электромонтажных работ с выполнением их в две стадии промышленными методами. В строительной части проекта, по заданию проектировщиков-электриков, в элементах конструкций зданий и сооружений должны предусматриваться детали и закладные части для крепления электроконструкций и оборудования: проёмы, отверстия, борозды, каналы для прокладки токопроводов, шин, кабелей и т.п. Для сокращения сроков и повышения качества электромонтажных работ рекомендуется применять укрупнённые монтажные узлы, крупноблочные электротехнические устройства, контейнерную доставку оборудования и материалов в монтажную зону.

Экономичность принимаемых решений оценивается двумя критериями: выбором наиболее экономичного варианта в результате технико-экономического обоснования (ТЭО) и целесообразной величиной резерва.

Технико-экономическое сравнение вариантов производится в соответствии с Инструкцией по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство (СН 423-71).

Выбор варианта должен основываться не только на минимуме приведённых затрат, но и на учёте расхода дефицитных материалов, особенно цветных металлов (меди, свинца, алюминия).

Анализ результатов должен производиться с учётом темпов перспективного удешевления электроэнергии и электрооборудования, причём надо иметь в виду, что стоимость электроэнергии снижается быстрее, чем электрооборудования. При применении в проекте нового электрооборудования в технико-экономических расчётах нужно ориентироваться на перспективные цены, которые устанавливаются в период массового производства, а не на цены периода освоения первых образцов. В равной мере следует ориентироваться на перспективную стоимость электроэнергии после пуска предприятия.

Рациональный объём резервирования определяет экономичность установки, не снижая её надёжность. При расчётах электрических нагрузок и выборе элементов сети не учитывается нормально не работающий резерв технологической части. Неоправданное резервирование в автоматике, усложнение схемы и загромождение её аппаратурой и линиями удорожает проект, усложняет эксплуатацию, а порой снижают надёжность.

Резерв в системе электроснабжения целесообразно предусматривать путём увеличения пропускной способности нормально работающих линий, площадей электротехнических помещений и т. п. Применение резерва в проектах в виде нормально не работающих линий, трансформаторов, камер РУ является неоправданным излишеством.

В проектировании электротехнической части объекта участвуют специалисты различного профиля в таких областях, как силовое электрооборудование и электропривод, электроснабжение и электросети, подстанции и линии электропередач, автоматика, телемеханика и др.

Для отыскания оптимального варианта требуется использовать и обработать большое количество исходных данных; объёмный справочно-информационный материал; провести большое количество разнообразных расчётов; проанализировать и сопоставить целый ряд технических промежуточных решений и технико-экономических показателей.

Результатом этой работы являются описания и таблицы, чертежи и схемы, составляющие проект в целом.

Применение ПК позволяет:

- освободить квалифицированный инженерно-технический персонал от нетворческой, механической работы, исключив субъективные ошибки проектировщика и тем самым повысить качество проектной документации;

- повысить производительность труда проектировщиков, увеличив выпуск проектной документации;

- сократить сроки разработки проектов, используя более современные технические решения и оборудование, соответственно ускорить ввод в эксплуатацию новых промышленных объектов;

- снизить приведённые затраты на сооружение объекта благодаря применению объективного, действительно оптимального варианта.

Система автоматизированного проектирования (САПР) представляет совокупность программного и информационного обеспечения для проведения необходимых расчётов и решения информационно-логических задач, обеспечивающих выпуск проектной документации при совместном участии в работе проектировщиков и ПК.

САПР осуществляется на базе машин ПК, программы для которых составляются на соответствующих языках программирования. Программы для ПК составляются на основе общепринятых расчётов.



Технологическая блок-схема процесса проектирования представляет собой системы «проектант - ПК», где на долю компьютера приходится большое число выполняемых операций. На ПК выполняются следующие работы: определение электрических нагрузок; решения по компенсации реактивной мощности; оптимальный выбор мощностей трансформаторных подстанций и их размещение на генплане предприятия; расчёты по проверке электрических сетей на качество электроэнергии; расчёты токов КЗ с проверкой оборудования на действие ТКЗ; расчёты релейных защит и заземляющих устройств; технико-экономические расчёты сравнения различных вариантов; формирование спецификаций на оборудование и материалы и заявочных ведомостей; выполнение чертежей принципиальных схем первичной и вторичной коммутации и схем внешних соединений, чертежей раскладки кабелей с кабельными журналами; компоновка щитов управления и автоматики с заданием заводам-изготовителям.

На долю проектировщиков приходится: подготовка исходной информации; разработка программ с вводом их в ПК; вывод из ПК на любом этапе проектирования промежуточной информации для её анализа и корректировки с учётом изменения информационного массива; выполнение электромонтажных чертежей; составление пояснительной записки; оформление проектной документации.

Разработаны алгоритмы и программы компьютерных расчётов по выбору основных параметров и режимов работы системы электроснабжения, цехового электроснабжения с выбором оптимального размещения электрической сети и цеховых ТП, с составлением спецификации и смет.

В общем объёме проектных задач, решаемых при разработке ПСД, существуют задачи, решение которых можно выполнить с помощью ПК. В табл. 1 – 3, приводится перечень таких задач, их удельные веса в общем объёме ПСД.

Из табл. 1 видно, что использование САПР возможно для решения 80 % проектных задач. Из-за малого удельного веса (1 %) чертежа «Генеральный план» и большого объёма исходных данных применение локальных программ для его вычерчивания нецелесообразно.

Программы автоматизированного проектирования систем промышленного электроснабжения разрабатываются, в основном, Московским энергетическим институтом (расчетные компьютерные программы: «GUEXPERT», «GUSELECT» и другие), научно-исследовательскими институтами «Тяжпромэлектропроект», ГПИ «Электропроект», НИИГПИ «Энергосетьпроект» и другими учреждениями.

Силовое электрооборудование включает в себя электроснабжение технологического и подъёмно-транспортного оборудования, санитарно-технических и специальных установок, а также управление и защиту электроприводов сантехнических и специальных установок, работающих на напряжении до 1 кВ.

Таблица 1

**Задачи проекта электроснабжения**

Наименование проектной процедуры	Объём, %
1. Сбор и обработка исходных данных	7
2. Расчёты и балансы электрических нагрузок, определение годового расхода электроэнергии	10
3. Выбор схем главных понизительных подстанций (ГПП)	2
4. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП	2
5. Выбор схем электроснабжения (СЭС) предприятия, объекта	16
6. Расчёт токов КЗ и уровней напряжений	6
7. Выбор средств компенсации реактивной мощности	7
8. Расчёт надёжности СЭС	2
9. Расчёт релейной защиты и распределительной сети	5
10. Расчёты компенсации емкостных токов замыкания на землю	2
11. Проверка возможности одновременного пуска и самозапуска электродвигателей	5
12. Расчёт показателей качества напряжения для объектов со спецустановками	10
13. Выбор фильтрокомпенсирующих устройств	6
14. Схема принципиальная однолинейная электроснабжения	6
15. Генеральный план	1
16. Пояснительная записка	8
17. Согласование, выдача заданий смежным организациям, оформление и выпуск ПСД	5
Итого	100 %

Аналогично проектированию систем электроснабжения часть проектных задач и документации по силовому электрооборудованию может быть выполнена автоматизированным способом с помощью ПК.

В тех случаях, когда для управления и защиты электроприводов сантехустановок и других специальных технологических установок не могут использоваться серийные нормализованные устройства управления, проектная организация разрабатывает технические задания на изготовление НКУ.

В отличие от проектирования электроснабжения промышленных предприятий, разработками программ и систем автоматизированного проектирования силового электрооборудования занимаются практически все проектные институты страны.

**Таблица 2**

**Задачи проекта по главным понизительным подстанциям**

Наименование проектной процедуры	Объём, %
1. Сбор и обработка исходных данных	5
2. Пояснительная записка	2
3. Расчёт заземления	2
4. Расчёт релейной защиты и выбор оперативного тока	5
5. Задание на панели щита	3
6. Задание на КРУ	9
7. Выбор высоковольтного оборудования и реакторов	5
8. Конструктивные чертежи и строительные задания	21
9. Кабельный журнал и раскладка кабелей	7
10. Схемы принципиальные общие защиты, управления, сигнализации и автоматизации	15
11. Схемы подключений	13
12. Спецификация и ведомости	3,5
13. Сметы (также ведомость объёмов работ)	4,5
14. Согласование, оформление и выпуск	5
Итого	100 %

**Таблица 3**

**Задачи проекта по распределительным пунктам 6...10 кВ**

Наименование проектной процедуры	Объём, %
1 Сбор и обработка исходных данных	5
2 Пояснительная записка	2
3 Расчёт заземления	2
4 Расчёт токов КЗ в сети 10 кВ	5
5 Расчёт релейной защиты	10
6 Задание на панели щита	3
7 Задание на КРУ	9
8 Конструкторские чертежи, строительные задания	27
9 Кабельный журнал и раскладка кабелей	5
10 Схемы принципиальные общие, защиты, управления, сигнализации и автоматики	9
Схема подключений	10
Спецификация и ведомости	3,5
Сметы (в том числе ведомости объёмов работ)	4,5
14 Согласование, оформление и выпуск	5
Итого	100 %

Выбор программы или системы для использования при проектировании силового электрооборудования конкретного объекта определяется двумя группами признаков:

- характеристики объектов проектирования (характер производства, виды отдельных установок, среда, особенности схемы электроснабжения;
- характеристики программ или системы (выполняемые функции, ограничения по применению, экономическая целесообразность и наличие соответствующего комплекса технических средств).

Проектирование электроосветительных установок в основном зависит от назначения объекта, для которого выполняется ПСД промышленное или административное здание или открытые площадки различного назначения.

### Список литературы

1. Степанов В.М., Косырихин В.С. Проектирование систем электроснабжения объектов: учеб.- метод. пособие для вузов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015, 2015. 372 с.
2. Степанов В.М., Косырихин В.С. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по системам электроснабжения промышленных предприятий: учеб.-методич. пособие для вузов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. 227 с.
3. Степанов В.М., Косырихин В.С. Расчёт и проектирование электрических сетей и систем. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. 350 с.
4. Степанов В.М., Косырихин В.С. Электронные аппараты электропитающих систем и электропривода: учеб.-методич. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. 225 с.
5. Правила устройств электроустановок. Седьмое издание. СПб: ДЕАН. 2007, 330 с.
6. Степанов В.М., Косырихин В.С. Расчет и проектирование систем промышленного электроснабжения: учеб, пособие для вузов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. 100 с.

*Степанов Владимир Михайлович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, директор УТЦ «Энергоэффективность», [energy@tsu.tula.ru](mailto:energy@tsu.tula.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет,*

*Косырихин Виктор Семенович, канд. техн. наук, доц., [energy@tsu.tula.ru](mailto:energy@tsu.tula.ru), Россия, Тула, Тульский государственный университет*

#### *CALCULATION METHOD AND DESIGN PRINCIPLES POWER SUPPLY SYSTEMS OF OBJECTS ON THE PC*

*V.M. Stepanov, V.S. Kosyrihin*

*Presents General requirements for electrical projects and methodology fundamentals of designing of electrical networks and electrical equipment of power supply systems of industrial facilities when using PC.*

*Key words: industrial facilities, electrical networks, power equipment, PC.*

*Stepanov Vladimir Mikhailovich, doctor of technical science, professor, head the department, director of the training center «Energy efficiency», [energy@tsu.tula.ru](mailto:energy@tsu.tula.ru), Russia, Tula, Tula State University,*

*Kosyrihin Victor Semenovich, candidate of technical science, docent, [energy@tsu.tula.ru](mailto:energy@tsu.tula.ru), Russia, Tula State University*

УДК621.316.1:658.26(075.8)

## **МЕТОДЫ СИНТЕЗА СХЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

**В.М. Степанов, В.С. Косырихин**

*Представлены общие требования к РУ напряжением 10(6 кВ) и методика их синтеза при проектировании электрических сетей и электрооборудования систем электроснабжения промышленных объектов.*

*Ключевые слова: промышленные объекты, электрические сети, силовое электрооборудование, синтез, распределительные устройства.*

Синтез схем РУ цеховых трансформаторных подстанций (ТП) определяются характеристикой ЭП и схемами межцехового и внутрицехового распределения электроэнергии. Их, как и схемы ГПП, следует проектировать без сборных шин первичного напряжения при радиальном и магистральном питании.

Радиальное питание небольших одното трансформаторных подстанций (до 630 кВ•А) производят по одиночной радиальной линии без резервирования на стороне ВН при отсутствии нагрузок 1-й категории.

Взаимное резервирование в объёме 25...30% на одното трансформаторных подстанциях следует осуществлять с помощью переключателей на напряжении до 1 кВ (при схеме «трансформатор-магистраль») для тех отдельных подстанций, где оно необходимо.

Радиальные схемы цеховых двухтрансформаторных бесшинных подстанций следует осуществлять от разных секций РП, питая каждый трансформатор отдельной линией. Каждую линию и трансформатор рассчитывают на покрытие всех нагрузок 1-й и основных нагрузок 2-й категории при аварийном режиме. При отсутствии точных данных о характере нагрузок каждая линия и каждый цеховой трансформатор можно выбрать предварительно, причём мощность трансформатора должна составлять 80...90% от суммарной расчётной мощности нагрузок, подключаемых к подстанции.