

С.Я. Свирен

Электрические станции, подстанции и сети

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.39
ББК 32
С11

С11 **С.Я. Свирен**
Электрические станции, подстанции и сети / С.Я. Свирен – М.: Книга по Требованию, 2023. – 280 с.

ISBN 978-5-458-35707-4

ISBN 978-5-458-35707-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

риантов по затратам и эксплуатационным расходам. Затем приводится расчет токов короткого замыкания, выбор аппаратуры, контрольно-измерительных приборов, элементов защиты и автоматики, конструкций распределительных устройств, защиты от перенапряжений, защитного заземления.

В экономической части определяются основные технико-экономические показатели: полная стоимость установки по укрупненным показателям и стоимость единицы установленной мощности, к. п. д. основных агрегатов и станции (подстанции) в целом, процент расхода электроэнергии на собственные нужды, себестоимость электрической энергии и тепла (для ТЭЦ). В заключительной части проекта рассматриваются вопросы охраны труда и противопожарной охраны предприятия.

В книге приводятся данные, необходимые для выполнения студентами практических заданий в процессе обучения, решения вопросов дипломного и курсового проектирования на уровне современного состояния техники.

Отзывы и пожелания по книге просим направлять по адресу: Киев, 4, Пушкинская, 28, Гостехиздат УССР.

Глава первая

ВЫБОР МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Район размещения тепловой электростанции и ее мощность должны устанавливаться заданием на проектную работу, где указываются перспективы развития энергопотребителей, топливных ресурсов и данных по гидрологии районов. После сравнения стоимости перевозок топлива и передачи электроэнергии в район потребления выбирается вариант размещения электростанции.

При выборе места строительства тепловой электростанции, работающей на твердом топливе, должна учитываться возможность увеличения грузопотоков по железным дорогам и водным путям сообщения. Для электростанций, работающих на жидком или газообразном топливе, учитывается развитие трубопроводного транспорта.

При выборе площадки строительства уточняется возможная конечная мощность электростанции по условиям водоснабжения, топливоснабжения и генерального плана площадки.

Эффективность капиталовложений по сравниваемым вариантам расположения электростанций определяется при сопоставлении показателей по капитальным затратам и эксплуатационным расходам.

Место для строительства электростанций, а также жилпоселка при ней должно выбираться в соответствии с имеющимся или разрабатываемым проектом планировки и застройки данного населенного места или схемой районной планировки данного промышленного района. При отсутствии схемы районной планировки или при уточнении ее в связи с размещением проектируемой электростанции должна разрабатываться схема планировки микрорайона, расположенного возле электростанции.

Выбор площадки для тепловой электростанции необходимо производить с учетом следующих требований, предъявляемых к электростанциям в отношении их экономической эффективности:

1) электростанция должна быть максимально приближена к источникам топлива и расположена вблизи источника водоснабжения;

2) необходимо учитывать расположение потребителей * тепла, имея в виду сокращение капитальных затрат и эксплуатационных расходов на тепловые сети;

3) подъездные пути следует присоединять к ближайшей железнодорожной станции или к подъездному пути другого предприятия;

4) грунты площадки должны допускать строительство зданий и сооружений без устройства длгогостоящих оснований; уровень грунтовых вод должен быть ниже глубины подвалов, тоннелей и т. п.; площадка не должна затапливаться паводковыми водами;

5) площадку нельзя располагать над залеганием полезных ископаемых или в зонах обрушения подземных выработок, а также на закарстованных или оползневых участках;

6) поверхность площадки должна быть ровной, с уклоном 0,5 — 1°, обеспечивающим отвод поверхностных вод; планировка не должна быть связана с выполнением земляных работ;

7) площадку следует располагать вблизи населенного пункта (с учетом необходимого санитарного разрыва), вблизи источников энергоснабжения и водоснабжения, необходимых в период строительства, а также вблизи других существующих или намеченных к строительству предприятий, с которыми целесообразно кооперировать устройство железнодорожных и автомобильных подъездных путей, систем водоснабжения, канализации и других инженерных сооружений и сетей, а также жилищного и культурно-бытового строительства;

8) площадка строительства и зона водохранилища должны располагаться по возможности на незастроенных территориях или же территориях, требующих наименьших капитальных затрат по сносу и переносу жилых и промышленных зданий, сооружений и устройств;

9) по размерам и конфигурации площадка должна соответствовать конечной мощности электростанции и обеспечивать удобное расположение постоянных зданий и сооружений, а также временных сооружений.

При размещении ТЭЦ на территории промышленного предприятия необходимо предусматривать возможность выделения ТЭЦ в самостоятельный объект.

Размеры территории электростанции должны приниматься минимально необходимыми, не допускающими наличия излишних площадок и завышенных разрывов между зданиями и сооружениями. Для вывода воздушных высоковольтных линий и теплопроводов следует предусматривать свободные от застройки полосы земли.

Шлако- и золоотвалы необходимо располагать на непригодных или малопригодных для других целей земельных участках, по возможности ближе к площадке электростанции и на низких отметках. В случае возможности переработки золы и шлаков в районе электростанции следует предусматривать места для шлако-золоперерабатывающих предприятий.

При размещении электростанции у водных источников отметка территории, на которой располагаются производственные здания, сооружения и внутриплощадочные железнодорожные и автомобильные подъездные пути, должна быть не менее чем на 0,50 м выше расчетного горизонта высоких вод с учетом подпора и уклона водостока, а также высоты набега волны.

В качестве расчетного горизонта следует принимать максимальный уровень вод в течение последних 100 лет.

§ 2. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Генеральный план электростанции должен предусматривать удобный подход железнодорожных и автомобильных подъездных путей и должен быть увязан с генеральными планами соседних предприятий, планировкой магистралей и населенных пунктов.

Расположение основных производственных зданий и сооружений должно соответствовать минимальной протяженности железнодорожных и автомобильных подъездных путей, коммуникаций охлаждающей воды, сетей водопровода и канализации, выводов линий электропередачи, сетей теплофикации и золопроводов, трасс топливоподачи.

Здания и сооружения, которые обслуживаются рельсовым транспортом (материальный склад, склады реагентов водоочистки, разгрузочная площадка для оборудования и материалов, склады горюче-смазочных материалов и др.), должны располагаться у одного пути, с максимальным приближением к парку путей углеразгрузочной станции.

Связь прирельсовых складов с производственными цехами и устройствами электростанций должна осуществляться трубопроводным и безрельсовым транспортом. Монтажные постоянные пути подводятся только к монтажной площадке машинного и котельного отделений и при обосновании — к месту открытой установки трансформаторов. Прочие монтажные и строительные пути могут сооружаться как временные.

Железнодорожный ввод на территорию электростанций должен, как правило, располагаться с временного торца электростанции по ходу грузопотоков. ГРЭС следует располагать непосредственно у водного источника.

Подсобно-производственные здания следует располагать у постоянного торца электростанции.

Протяженность ограды должна быть минимальной с вынесением за ее пределы объектов, не требующих ограждения. В пределах ограждаемой территории располагаются главный и вспомогательный корпуса, пылезавод, растопочное мазутное и масляное хозяйство, дробильный корпус, открытая установка ресиверов, ацетилено-кислородная установка, открытая установка трансформаторов, главный щит управления, закрытое распределительное устройство, пиковые котлы, градирни и газораспределительный пункт. Открытые распреде-

тельные устройства, насосные циркуляционного, противопожарного и питьевого водоснабжений и брызгальные бассейны располагаются в пределах ограждаемой территории или вне ее, но с обязательным местным сетчатым ограждением.

Вне пределов ограждаемой территории электростанций располагаются золоотвал, резервный и расходные склады торфа, склады угля, железнодорожный парк приемоотправочных путей и связанные с ними разгрузочные устройства для топлива, мазутное хозяйство емкостью более 5000 м³ (при наземном хранении), паровозное депо, столовая. Все эти сооружения, за исключением мазутного хозяйства, не ограждаются. Мазутное хозяйство, располагаемое вне ограждаемой территории, должно иметь сетчатое ограждение высотой не менее 2 м.

Глава вторая

ВЫБОР ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ПАРА НА ТУРБИНЫ

Тип парового котла и турбины выбирается после приближенного определения расхода пара. Для теплоэлектростанций приближенно расход пара на турбины равен расходу отборного пара на технологические нужды предприятий и хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды.

Для конденсационных станций расход пара на турбины определяется по удельным расходам на вырабатываемый киловатт-час или по справочным данным.

Расход тепла на технологические нужды предприятий устанавливается по графикам тепловых нагрузок, по проектным данным или по данным задания. Расход тепла на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды определяется по укрупненным показателям потребления тепловой энергии (табл. 1, 2).

Таблица 1

Укрупненные показатели потребления энергии для
хозяйственно-бытовых и коммунальных нужд (для II климатического района)

Назначение и вид потребляемой энергии	Единица измерения	Численность населения города, тыс. чел.			
		до 50	50—100	100—250	250 и более
Электроэнергия для освещения (на одного жителя)	квт/год	350—425	425—525	525—625	625
Горячее водоснабжение (на одного жителя)	тыс.ккал/год	600—950	600—950	600—950	600—950
Тепло для отопления и вентиляции (на 10 м ² жилой площади)	тыс.ккал/год	4,5	4,5—4,2	4,2—4,0	3,8

Примечание. По другим климатическим районам вводится коэффициент K :

Для I климатического района . . . $K = 1,1$
 » III » » . . . $K = 0,9$
 » IV » » . . . $K = 0,5$

Таблица 2

**Укрупненные показатели потребления тепла на отопление на
10 м² жилой площади* при наружной температуре —26°**

Потребители тепла	Максимальное потребление, ккал/час
Отопление и вентиляция:	
при одноэтажной застройке	2850
при двух- и трехэтажной застройке	1850
при четырех- и пятиэтажной застройке	1600
Горячее водоснабжение на одного жителя	450

Пользуясь данными расхода тепла на технологические, хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды, можно определить среднечасовые расходы пара

$$D = \frac{Q}{i_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где Q — количество тепла, ккал/час или Мккал/час;

$i_{\text{п}}$ — теплосодержание пара, ккал/кг или Мккал/т определяется по таблицам теплосодержания паров.

§ 4. ВЫБОР ТУРБИН И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Турбины выбираются по мощности станции (предусмотренной заданием), расходу и параметрам пара на теплоснабжение (см. приложение 1—5). По мощности турбины выбирают наиболее крупными, так как они экономичнее.

В крупных и объединенных энергосистемах конденсационные турбоагрегаты устанавливаются преимущественно мощностью 200—300 Мвт. На ТЭЦ, в основном, применяются турбоагрегаты мощностью 25—100 Мвт с начальными параметрами пара 130 ата и 565°.

Для изолированных электростанций агрегаты выбираются так, чтобы при выходе из строя одного из них оставшиеся обеспечили покрытие электрических нагрузок с учетом допускаемого регулирования потребителем.

Конденсаторы выбираются по поверхности охлаждения, числу ходов воды в них и кратности охлаждения на основании соответствующих технико-экономических расчетов в соответствии с условиями водоснабжения электростанций, а при обратной системе водоснабжения — в соответствии с типом водоохлаждающего устройства.

Подогреватели сетевой воды выбираются по производительности, определяемой тепловой нагрузкой.

* С учетом отопления общественных зданий.

На ТЭЦ резервные подогреватели сетевой воды не устанавливаются, общая паровая магистраль с давлением 0,7—1,2 ата для сетевых подогревателей не предусматривается. При установке на ТЭЦ пиковых водогрейных котлов пиковые подогреватели сетевой воды, как правило, не устанавливаются.

На блочных электростанциях устанавливаются сетевые подогреватели к первому и второму блоку.

Насосы подогревателей сетевой воды подразделяются на конденсатные, сетевые и подпиточные.

Конденсатные насосы при наличии пиковых подогревателей выбираются без резерва по максимальному количеству конденсата. При этом количество насосов должно быть не менее двух. При покрытии пиковой нагрузки водогрейными котлами устанавливается резервный конденсатный насос.

Сетевые и подпиточные насосы выбираются в соответствии с гидравлическим расчетом и режимом работы тепловых сетей с учетом летнего режима работы. На ТЭЦ устанавливается резервный сетевой и подпиточный насосы.

Питательные насосы выбираются по производительности.

Для электростанций с общими питательными трубопроводами суммарная производительность всех питательных электронасосов при установке барабанных котлов должна быть такой, чтобы в случае остановки одного из насосов, оставшиеся обеспечили работу котельной при максимально длительной производительности всех котлов.

На тепловых электростанциях, имеющих связи с энергосистемой, резервные питательные турбонасосы или комбинированные насосы с электро- и турбоприводом не устанавливаются.

Если электростанция не связана с энергосистемой или не работает параллельно с другой постоянно работающей электростанцией, то помимо насосов с электроприводом должны быть установлены два резервных насоса с паровым приводом.

Резервные насосы с паровым приводом устанавливаются также для питания всех паровых котлов со слоевым сжиганием топлива. Суммарная производительность резервных питательных насосов должна обеспечить 50% номинальной производительности всех рабочих котлов.

Турбонасосы можно использовать в качестве основных постоянно работающих. В этом случае их количество и производительность должны соответствовать количеству и производительности электронасосов. При этом количество питательных турбонасосов выбирается с учетом возможности использования отработанного турбоприводом пара.

Для прямоточных котлов питательные насосы могут иметь электрический или паровой привод, причем суммарная производительность этих насосов должна обеспечивать не менее 115% максимально длительной производительности всех котлов и в случае остановки одного из насосов оставшиеся должны обеспечить работу всех котлов с максимально длительной их производительностью.

Для электростанций с блочными схемами на каждый блок устанавливается самостоятельная группа питательных насосов с одним резервным насосом в группе. При этом производительность резервного насоса принимается не менее 50% от необходимой для блока. Питательные насосы с электроприводом должны иметь регулирование числа оборотов. Резервные питательные насосы должны иметь электрический привод. Для блоков с предвключенными турбинами резервные насосы не устанавливаются.

На блоках мощностью 300 *Мвт* и более, а также с турбинами СКР-100 применяются рабочие питательные насосы с турбоприводом.

Суммарная производительность деаэраторов выбирается по максимальному расходу питательной воды. Количество деаэраторов на неблочной станции должно быть не менее двух.

При числе деаэраторов, меньшем числа турбин, должна быть обеспечена возможность ремонта любого деаэратора при ремонте одной из присоединенных к нему турбин.

Суммарный запас питательной воды в баках основных деаэраторов для конденсационных электростанций рассчитан на 10 мин. работы и для ТЭЦ — на 20 мин.; при блоках 300 *Мвт* этот запас принимается не менее 5 мин. Емкость воды в деаэраторных баках равна 85% от их геометрического объема. Запас питательной воды в баках без давления предусматривается на 20 мин.

В случае применения блочных электростанций без деаэраторов (с деаэрацией воды в конденсаторах турбин) емкость баков деаэрированной воды перед конденсатными насосами рассчитана на 5-минутный запас.

Редукционно-охладительные установки, предназначенные для резервирования производственных регулируемых отборов пара, устанавливаются по одной для каждого параметра пара производительностью, равной отбору от одной турбины, независимо от числа устанавливаемых турбин соответствующего типа.

Редукционно-охладительные установки для резервирования отопительного отбора не устанавливаются, если при выходе из работы одной турбины остальные турбины, пиковые котлы и РОУ для пиковых сетевых подогревателей и производства могут обеспечить тепловую отдачу на отопление и горячее водоснабжение не менее 80% от максимальной.

Главные паропроводы для неблочных электростанций выполняются по схеме с переключательной перемычкой, секционированной задвижками.

Переключательная перемычка для неблочных электростанций без промежуточного перегрева пара выполняется также и в тех случаях, когда все устанавливаемые котлы соединяются непосредственно с турбинами.

При давлении пара выше 60 *атм* котлы, турбины и турбонасосы от работающей системы отключаются двумя последовательно установленными запорными органами.

Для блочных электростанций с моноблоками запорные задвижки в системе промежуточного перегрева не устанавливаются, а с дублирующими блоками в системе промежуточного перегрева устанавливаются на каждой нитке по одной задвижке и одному фланцевому соединению для проглушки.

Для неблочных электростанций всасывающая и напорная магистрали питательных насосов перед подогревателями высокого давления и напорная питательная магистраль в котельной выполняются одинарными с секционирующими задвижками.

Справочные данные для всех типов турбин приведены в приложениях 1—5.

§ 5. ВЫБОР КОТЛОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Котлы выбирают по расходу пара на турбины. При этом необходимо учитывать следующие рекомендации.

На конденсационных электростанциях, входящих в крупные и объединенные энергосистемы, рекомендуется применять блочные схемы с промежуточным перегревом пара и с одним котлом на каждый турбогенератор. В отдельных случаях при наличии одного промежуточного перегрева и при необходимости допускается применение блочной схемы с двумя котлами на каждый турбогенератор.

Для котлов большой производительности, состоящих из двух одинаковых корпусов, тепловая схема блока должна предусматривать возможность работы на одном корпусе при остановке второго.

На изолированных или входящих в небольшие энергосистемы конденсационных электростанциях, а также на ТЭЦ с параметрами пара до 130 *ата* и 565°, как правило, применяются схемы без промежуточного перегрева и с поперечными связями по пару и воде.

Для конденсационных электростанций производительность и число котлов рекомендуется выбирать по максимальному расходу пара без установки резервных котлов в крупных энергосистемах и с установкой одного резервного котла на изолированно работающих или входящих в небольшие энергосистемы электростанциях; для теплофикационных — по максимальному расходу пара с тем, чтобы при выходе из работы одного котла оставшиеся котлы, включая пиковые, обеспечивали максимально длительную отдачу пара на производство и среднюю за наиболее холодный месяц отдачу тепла на отопление и горячее водоснабжение. При этом в крупных энергосистемах допускается снижение электрической мощности.

Для электростанций с предвключенными турбинами ремонтные котлы высокого давления не устанавливаются.

Во всех случаях котлы выбираются с учетом оптимального укрупнения их единичной производительности. Максимум тепловой нагрузки отопления покрывается паром отборов турбин и специаль-