

К ВОПРОСУ ОБ ОЖИДАЕМЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ КРУПНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Б. И. КУДРИН, И. Ф. АНТОНОВ, Р. Г. АСТРАТОВ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических станций
и электрических систем и сетей)

Современные строящиеся металлургические заводы являются крупнейшими предприятиями по производству черного металла. Как правило, такие предприятия имеют законченный металлургический цикл. В состав их входят рудо-, углеобогадательные и агломерационные фабрики, коксохимическое, доменное, сталеплавильное производства, блоки прокатных цехов, огромное энергетическое хозяйство (ТЭЦ, ПВС и др.), ремонтно-вспомогательные хозяйства. Для черной металлургии характерны высокие темпы роста электровооруженности труда, опережающие темпы роста электровооруженности для промышленности в целом, что обуславливает значительную величину потребляемой мощности. Такие предприятия характеризуются наличием многих потребителей электроэнергии, отнесенных к первой категории и наличием особой группы потребителей первой категории. Хотя большая часть цехов может быть отнесена ко второй категории (например, блюминг, аглофабрика), однако экономические соображения, возможность массового недоотпуска продукции, наличие жесткой технологической связи внутри цеха и между отдельными производствами вынуждает обеспечивать надежность электроснабжения этих потребителей так же, как первой категории. Некоторое количество потребителей третьей категории не оказывает влияния на построение системы электроснабжения. К особенностям металлургического предприятия относится значительная площадь застройки (свыше 20 кв. км). При этом генеральный план как при схеме с последовательным расположением цехов, так и при одноцикловой с параллельным расположением, отличается высокой плотностью застройки, значительной насыщенностью надземными коммуникациями. Это затрудняет выполнение сетей, особенно при реконструкции завода.

При проектировании системы электроснабжения металлургического предприятия определяются максимальные нагрузки по цехам и производствам, выбирается напряжение питающих и распределительных сетей, месторасположение и количество главных понизительных и распределительных цеховых подстанций, схем распределения энергии и схем подстанций, выбор способа передачи электроэнергии и др.

При построении схемы электроснабжения следует учитывать некоторые особенности, характерные для металлургических предприятий, а именно:

1. Сложность системы электроснабжения, большое количество подстанций различного назначения и протяженность кабельных и воздушных линий.

2. Необходимость обеспечения надежности и бесперебойности схемы электроснабжения.

3. Сосредоточение потребителей электроэнергии на малых площадях, т. е. в одном здании могут находиться потребители с нагрузкой $15 \div 20$ тыс. кВт и более, при одновременной разбросанности отдельных производств (зданий).

4. Тяжелые условия работы электроустановок и электрооборудования.

5. Возможность организации рациональной эксплуатации и ремонта.

6. Необходимость диспетчеризации и телемеханизации энергохозяйства с переходом на автоматическую систему управления производством.

7. Высокую стоимость основных фондов металлургического производства при незначительной процентной стоимости внешнего электроснабжения.

8. Темпы роста электропотребления по заводу в целом и району при выборе мощности трансформаторов для главных понизительных подстанций. Например, для Западно-Сибирского металлургического завода, осуществляющего интенсивное строительство, этот рост по годам характеризуется следующими цифрами (1963 принят за 1,00): 1964 — 3,32; 1965 — 6,23; 1966 — 10,1; 1967 — 19,6; 1968 — 28,8; 1969 — 33,6. По отношению к предыдущему году ежегодный прирост электропотребления составил в среднем 60%.

С целью конкретизации величин ожидаемых основных электрических показателей, рассмотрим ориентировочные нагрузки для основных производств и районов крупного металлургического завода с годовой производительностью порядка $10 \div 12$ млн. т стали. В качестве основных электрических показателей в проектах электроснабжения следует принимать максимальную нагрузку — получасовой расчетный максимум нагрузки P_m ; коэффициент максимума — отношение максимальной нагрузки к средней нагрузке k_m ; коэффициент спроса — отношение максимальной нагрузки к установленной мощности k_c ; годовое число часов использования максимума — отношение годового расхода электроэнергии по предприятию к максимальной нагрузке T . На основании опыта проектирования металлургических заводов Сибири и Дальнего Востока в табл. I приведены максимальные нагрузки и удельные расходы на единицу продукции для некоторых производств. Данные 1958—1960 гг. характеризуют максимальные нагрузки и удельные расходы, принимаемые при разработке проектных заданий строящихся и реконструируемых заводов, т. е. положение с потреблением электроэнергии в то время; за 1968—1969 гг. — фактически достигнутые нагрузки по производствам и удельные расходы; на 1975—1980 гг. приводятся ожидаемые расходы и нагрузки.

Увеличение нагрузки, повышение величины удельных расходов по районам объясняются, во-первых, общими причинами — мероприятиями, направленными на улучшение условий труда; автоматизацией и механизацией производственных процессов; необходимостью снижения загазованности и запыленности воздушного бассейна, уменьшения сбросов и др.; во-вторых, причинами, специфичными для данного производства.

Увеличение нагрузки по коксохимическому производству объясняется увеличением энергозатрат на углеподготовку за счет повышения требований к шихте при одновременном расширении марок применяемых для коксования углей; увеличением количества по объему и числу

наименований химических продуктов; внедрением новой технологии получения кокса, например, формованного; пуском установок сухого тушения кокса и др.

Таблица 1

Наименование производства, района или цеха	Удельные расходы, квт. час/т			Максимальная нагрузка, тыс. квт	
	1958 — 1960 гг.	1968 — 1969 гг.	1975 — 1980 гг.	1959 г.	полное развитие
1	2	3	4	5	6
Коксохимическое производство	16	24	48	20	60
Доменный цех	8	17	35	30	140
Агломерационная фабрика	20	40	60	60	180
Рудообогатительная фабрика	—	—	—	50	60
Конверторный цех с обслуживаю- щими цехами	—	37	50	50	80
Электросталеплавильный цех	600	550	500	20	40
Кислородный цех	—	—	—	25	120
Прокатные цехи в составе блю- минга, непрерывно-заготовочного ста- на и блока мелкосортных проволоч- ных станов	67	140	180	130	280
Листовой блок	30	77	90	180	400
Метизное производство	—	—	—	80	250
Ремонтно-вспомогательное хозяй- ство	—	—	—	25	40
Собственные нужды ТЭЦ, ПВС и потери	—	—	—	50	80
Всего:				690	1700
То же, с учетом коэффициента со- вмещения максимума $0,7 \div 0,75$				550	1200

Для доменных цехов характерно непрерывное увеличение объема печей до 3000 и в перспективе до 5000 куб. м с одновременным улучшением технологии доменного производства, улучшение подготовки шихты, применение повышенного давления газов в рабочем пространстве печи, использование пылеугольного топлива и природного газа для вдувания в горн, обогащение дутья кислородом. Доменный шлак намечается к полной переработке. При доменных цехах строятся мощные газоочистные и шлакоперерабатывающие установки. Для обеспечения доменного производства сжатым воздухом вблизи доменного цеха строятся паровоздушные станции (ПВС), являющиеся мощными потребителями электроэнергии. Происходит отделение ПВС от ТЭЦ.

Сталеплавильное производство развивается по пути строительства кислородно-конверторных цехов с отказом от строительства новых мартеновских цехов. Емкость конверторов увеличивается и будут строиться преимущественно конверторы емкостью 200 ÷ 300 т. Вакуумирование, установки получения синтетических шлаков для улучшения качества металла, брикетирование шламов, внедрение непрерывной разливки стали с ориентированием на нее целых цехов вызывает значительный рост нагрузок по конверторным цехам. Для получения качественных и высококачественных сталей намечено строительство электросталеплавильных цехов с печами емкостью 100 и 200 т (300 т) соответственно с транс-

форматорами 25 и 40 тыс. *кВа* (50 тыс. *кВа*), в перспективе с трансформаторами единичной мощностью 100 тыс. *кВа*.

Прокатные цехи являются наиболее мощными потребителями электроэнергии с большим количеством крупных электродвигателей в единице до 20 000 *кВа*. Внедрение непрерывной прокатки, мероприятия по улучшению качества проката, например, термоупрочнение, ведут к росту удельных затрат и максимальных нагрузок.

В настоящее время все основные цехи переходят на замкнутый оборотный цикл водоснабжения с целью исключения сброса промышленных стоков. Максимальные нагрузки по насосным станциям становятся сравнимыми с нагрузками некоторых производств. Ожидаемое распределение потребления электроэнергии для отдельных производств металлургического завода характеризуется табл. 2.

Таблица 2

Наименование цехов	Потребление электроэнергии в % к общезаводскому
1. Коксохимический	3,4
2. Доменный	5,1
3. Агломерация	12,3
4. Выплавка стали	6,8
5. Прокат (среднесортный, листопрокатный, проволочный, рельсобалочный, обжимной и чистовой)	24,4
6. Генерирование и снабжение всеми видами энергии:	
а) сжатый воздух	12
б) водоснабжение	10
в) теплоснабжение, кислород, собственные нужды	6,2
г) газоснабжение	8,5
7. Потери электроэнергии в сетях	5,8
8. Прочие потребители	4,5
Итого:	100

При построении главной схемы электроснабжения завода с указанной в табл. 1 максимальной нагрузкой 1200 тыс. *кВт* прежде всего должен быть решен вопрос о мощности и месторасположении ТЭЦ. В настоящее время мощность ТЭЦ определяется не по потребностям в электроэнергии, а по потребностям в тепле завода и близлежащих потребителей. Месторасположение ТЭЦ определяется генеральным планом, по которому ТЭЦ размещается не в центре электрических нагрузок, а на окраине завода и даже на расстоянии 3 ÷ 5 км от его границы. Основным аргументом — сохранение территории для дальнейшего развития завода на перспективу 10 ÷ 15 лет. На современных заводских ТЭЦ устанавливаются турбогенераторы 100 ÷ 300 *мВт* и общая установленная мощность ТЭЦ становится одного порядка с максимумом нагрузки предприятия.

Однако трудности передачи электроэнергии к распределительным подстанциям на генераторном напряжении, например, 10 *кВ*, при расстоянии в несколько километров, вызывают необходимость трансформации до напряжения, например, 110 *кВ*.

Требования бесперебойности и надежности электроснабжения вызывают необходимость присоединения завода к энергосистеме, при этом

суммарная установленная мощность генераторов ТЭЦ и трансформаторов, присоединенных к энергосистеме, превышает более чем вдвое максимальную мощность предприятия. Присоединение к энергосистеме должно выполняться на напряжении 500 кВ или несколькими линиями на напряжении 220 кВ, что зависит от конфигурации сетей энергосистемы и размещения источников электроэнергии. Главные понизительные подстанции для групп прокатных цехов с максимальной мощностью 120 ÷ 240 тыс. кВт целесообразно выполнять глубокими вводами на напряжении 220 кВ с трансформаторами 100, 160 тыс. кВА. Главные понизительные подстанции для потребителей с максимальной нагрузкой 30 ÷ 40 тыс. кВт и выше, удаленных от источников питания на несколько километров, следует выполнять на 110 кВ с глубокими вводами с трансформаторами 25, 40, 63 тыс. кВА (рис. 1). Учитывая загрязненность атмосферы, необходимость максимального увеличения надежности и бесперебойности, следует, по-видимому, возвратиться к установке силовых выключателей на стороне высокого напряжения. Главные понизительные подстанции выполняются, как правило, двухтрансформаторными. Нагрузка на шины подстанции принимается не свыше 120% мощности одного трансформатора. Количество главных понизительных подстанций по заводу составит 12 ÷ 14.

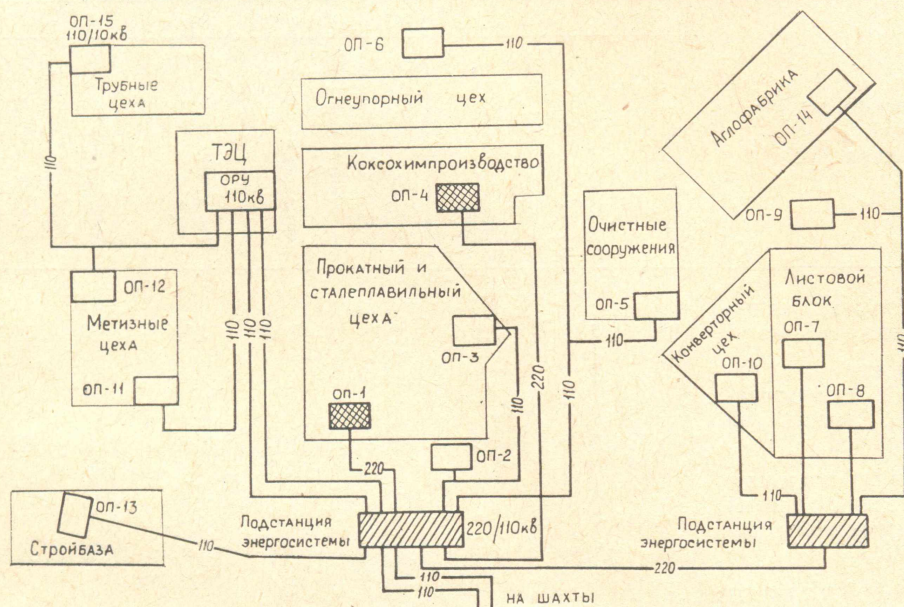


Рис. 1. План-схема электроснабжения металлургического завода

От главных понизительных подстанций питаются цеховые распределительные, преобразовательные и понизительные подстанции. Распределительные подстанции (РП) выполняются закрытыми с применением комплектных распределительных устройств. Большинство РП имеет две секции и два ввода, каждый из которых рассчитан на полную нагрузку или на 70% при наличии потребителей третьей категории. Для наиболее ответственных потребителей РП выполняются по так называемой «полупорной» схеме — три ввода, три секции, причем средняя состоит из двух полусекций. Каждый из вводов рассчитывается на 70% от максимальной нагрузки подстанции. Общее количество РП по заводу достигает 160 ÷ 200.

В настоящее время построены металлургические заводы, на которых применяются следующие номинальные напряжения: 3, 6, 10, 35, 110,

150, 220 кв. Опыт показал необходимость тщательного выбора напряжения высоковольтной сети завода. Распределение мощностей, приведенных в табл. 1, от ГПП и ТЭЦ возможно только на 10 кв. Вопрос о применении 20 кв к настоящему времени не может быть решен положительно из-за отсутствия серийно изготавливаемого оборудования. Применение на заводе напряжения 10 кв для питания силовых трансформаторов и двигателей большой мощности и напряжения 3 кв для двигателей средней мощности вызывает большие затруднения в эксплуатации и проектировании. Выбор распределительного напряжения (10 и 3 кв, 10 и 6 кв, только 6 кв) должен явиться результатом тщательного технико-экономического расчета.

С точки зрения надежности и бесперебойности весьма важным становится вопрос о выборе способа канализации электроэнергии по заводу. Применяемая радиальная схема питания РП силовыми кабелями, проложенными в кабельных блоках и кабельных туннелях, становится ненадежной при длине кабельных туннелей по заводу 20 ÷ 30 км и количестве кабелей в сечении 40 ÷ 80 и более. Следует вернуться к рассмотрению широко применяемой за границей кольцевой схеме с использованием магистралей 10 кв на токи 5000 а и более.

Таблица 3

Наименование показателя	Наименование заводов							Новый завод производительностью 10 млн. тонн стали
	Кузнецкий	Западно-Сибирский	Криворожский	Череповецкий	Липецкий	Челябинский	Амурсталь	
1. Максимальная нагрузка, тыс. квт	140	127	320	240	285	360	28	1200
2. Годовое число часов использования максимума нагрузки	7670	5980	6600	6911	6200	7000	6640	6800
3. Коэффициент сменности по энергоиспользованию	0,876	0,68	0,754	0,788	0,71	0,80	0,76	0,775
4. Коэффициент спроса	0,245	0,309	0,378	0,402	0,42	—	—	0,30

Из анализа приведенных данных и данных табл. 3 следует, что для металлургического завода с максимальной электрической нагрузкой 1200 тыс. квт коэффициент спроса будет несколько ниже среднего по заводам. На наш взгляд, этот коэффициент имеет тенденцию к снижению. Годовое число часов использования максимума должно возрасти в связи с улучшающейся ритмичностью работы предприятия.

Выводы

Для крупного металлургического завода с законченным металлургическим циклом с годовой производительностью порядка 10 ÷ 12 млн. т стали ожидается максимум нагрузки 1200 тыс. квт при годовом числе часов использования максимума 6900 час. и коэффициенте спроса 0,3.