

СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТЬЮ В МЕТАЛЛУРГИИ.

Савицкий А.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Петруша Ю.С.

Половина потребляемого промышленностью топлива и более трети электроэнергии преобразуется на специальных станциях и установках в энергетический потенциал разнообразных энергоносителей (теплоту пара и горячей воды; энергию сжатого воздуха, кислорода, технического холода и т.п.), применяемых в технологических комплексах предприятия; остальная часть топлива и электроэнергии используется в технологических комплексах непосредственно.

В металлургии, зависимости от вида используемого сырья, характера физико-химических процессов и вида выпускаемой продукции предприятия черной металлургии (ПЧМ) можно разделить на четыре группы:

- 1) с полным циклом передела;
- 2) с неполным циклом передела;
- 3) мини-заводы;
- 4) специфические.

К ПЧМ с *полным циклом передела* относятся крупные металлургические комбинаты, на которых исходным сырьем является руда, а выпускаемая продукция - различный прокат. В ПЧМ с *неполным циклом передела* отсутствует ряд производств, характерных для ПЧМ первой группы. Исходным сырьем для них может быть агломерат, металлический лом или окатыши. Выпускаемая продукция - чугун, сталь или прокат. *Мини-заводы* состоят из двух основных производств: электросталеплавильного и прокатного. Исходным сырьем для них служат металлический лом и окатыши, а выпускаемая продукция - прокат. *Специфические* ПЧМ разделяются на коксохимические, горнообогатительные, ферросплавные, трубные и ряд других. Основными цехами ПЧМ являются: агломерационные, коксохимические, доменные, мартеновские, конверторные, окомкования, металлизации, электросталеплавильные, прокатные.

Агломерационные цеха. Главные потребители энергоресурсов в агломерационных цехах - агломерационные машины, смесители, дымососы, вентиляторы. Основными энергоресурсами, которые потребляют данные цеха, являются природный и коксовый газ, электроэнергия, пар, кислород. Потребление топлива достигает 7% от общего потребления ПЧМ

Коксохимические цеха. Мощности электродвигателей электроприемников цехов составляют 0,5-150 кВт. Наиболее крупными электроприемниками являются газодувки с мощностью электродвигателей до 1000 кВт. Суммарная установленная мощность электроприемников коксохимических цехов достигает 15 МВт.

Доменные цеха. Основные потребители энергоресурсов доменных цехов - доменные печи и механизмы ее обслуживания (механизмы блока печей, системы загрузки, воздухонагреватели, пылеуловители, вентиляция,

охлаждение). Мощности электродвигателей этих механизмов от 20 до 1500 кВт. Наиболее крупными потребителями электроэнергии в доменных цехах являются воздуходувки, мощность которых достигает 3000-12000 кВт.

Мартеновские цеха. Основными потребителями энергоресурсов данных цехов являются мартеновские печи и обслуживающее их оборудование (разливочные, заливочные, завалочные, уборочные и другие краны, насосы, вентиляторы, дробилки и бегуны). Мощности электродвигателей на кранах от 25 до 150 кВт, суммарные мощности электродвигателей мартеновских цехов достигают 18 МВт.

Конверторные цеха. Главными потребителями энергоресурсов данных цехов являются конвертеры, миксеры и обслуживающее их оборудование (заливочные и разливочные краны). Крупными электроприемниками являются двигатели дымососов мощностью до 2000 кВт, а также двигатели привода поворота конвертеров. Установленные мощности электроприемников конверторных цехов достигают 30 МВт.

Электросталеплавильные цеха. Основными потребителями энергоресурсов являются дуговые сталеплавильные печи и механизмы, их обслуживающие. Мощности печей составляют 10-100 МВ·А, их количество достигает пяти штук. К обслуживающим механизмам относятся: насосы, воздуходувки, вентиляторы, дымососы, различные краны, компрессоры, кристаллизаторы, конвейеры и др. Мощности электродвигателей этих механизмов от 5 до 200 кВт.

Далее особенно рассмотрим электросталеплавильные цеха. Доминирующими потребителями электроэнергии электросталеплавильных цехов являются дуговые сталеплавильные печи (ДСП). Число дуговых печей в данных цехах от 1 до 10. Емкости печей 10-200 т. В основе метода нормирования лежат нормализованные электробалансов дуговых печей или их нормативные характеристики. Эти печи являются одним из самых крупных потребителей электрической энергии. Мощность дуговых печей достигает 100 МВ·А.

Удельный расход электроэнергии на выплавку 1 т стали в ДСП можно выразить следующей формулой:

$$w_{уд} = \frac{S_{п} \cos \varphi_{п} w_{уд.т}}{S_{п} \cos \varphi_{п} \eta_{эл} - \Delta P_1} + \frac{\Delta P_2 t_2}{q \eta_{эл}} + \frac{\Delta P_3 t_3}{q \eta_{эл}}, \quad (1)$$

где $S_{п}$ - мощность, потребляемая печью, кВт·А; ΔP_1 - мощность тепловых потерь в период расплавления, кВт; ΔP_2 - мощность тепловых потерь в период кипения и рафинирования, кВт; ΔP_3 - мощность тепловых потерь в период простоя печи, кВт; t_2 - время периода кипения и рафинирования, ч; t_3 - время простоев (слив металла, очистка печей, подварка пода и стен, загрузка металла), ч; q - масса садки, т; $w_{уд.т}$ - теоретически необходимый расход электроэнергии на расплав 1 т металла, кВт·ч; $\cos \varphi_{п}$ - коэффициент мощности печи.

Из выражения (1) видно, что на удельные расходы электроэнергии и

соответственно электропотребление в ДСП влияют следующие факторы:

- производительность печи (количество загружаемой в печь шихты и ее подготовка);
- электрические и тепловые потери;
- простой печи;
- электрические и технологические режимы работы печи.

Основные направления по экономии электроэнергии в ДСП видны также из сопоставления нормализованных и фактических электробалансов печей (табл. 1) [2]. Как следует из табл. 1, приходная часть определяется полученной из сети электроэнергией и теплом от экзотермических реакций. Доля электроэнергии в приходной части баланса составляет до 85% при плавке без применения кислорода и 65-75% с его применением. В расходной части баланса около 40% составляют тепловые и электрические потери и примерно 60% - полезный расход.

Таблица 1 Электрические балансы дуговой печи ДЧМ-10 для получения обессеренного чугуна дуплекс-процессом

Статьи баланса	Фактический ЭБ, кВт·ч/%	Нормализованный ЭБ, кВт·ч/%
<i>Приход энергии</i>		
Из электрической сети	3100/40	2280/33
От подогретой шихты	3722/48,3	3722/55
От экзотермических реакций	616/8	545/8
От окисления электродов	263/4	263/4
<i>Расход энергии</i>		
Технологический процесс	4754/61,7	4682/69
Тепловые потери:		
через шихту печи	459/6	176/2,6
излучением через отверстие	30,2/0,4	30,2/0,4
с уходящими газами	1001/13	855/13
в электродах	58,1/0,76	25/0,38
с охлаждающей водой	427,3/5,5	183/2,7
Электрические потери	970/23,6	817/13

При снижении производительности ДСП $w_{уд}$ возрастают^[1], это объясняется тем, что тепловые потери, не зависящие от производительности, распределяются на меньшее количество металла. Удельные расходы зависят от начальной температуры шихты, уменьшаясь с ее увеличением. Важным фактором, влияющим на производительность ДСП, является удельная мощность $S_{уд}$ печного трансформатора, приходящаяся на 1 т емкости печи.

По величине удельной мощности ДСП делятся на три класса:

- 1) сверхмощные ($S_{уд} > 700$ кВт·А/т);
- 2) мощные ($S_{уд} = 400-700$ кВт·А/т);

3) средней мощности ($S_{уд}=200-400$ кВ·А/т).

Применение сверхмощных печей позволяет снизить время плавления металла $t_{пл}$ и соответственно удельные расходы электроэнергии (табл. 2). Из табл. 2 видно, что с увеличением $S_{уд}$ печных трансформаторов от 400 до 750 кВ·А/т $t_{пл}$ сокращается примерно вдвое, а $w_{уд}$ - на 11%. Дальнейшее возрастание $S_{уд}$ до 1000 кВ·А/т дает значительно меньший эффект: $t_{пл}$ уменьшается на 28%, а $w_{уд}$ на - 3%. Поэтому для каждой ДСП в зависимости от условий эксплуатации следует выбирать оптимальную мощность печных трансформаторов, превышение которой нецелесообразно как по технологическим, так и экономическим соображениям. Так, для ДСП емкостью 100 т оптимальная мощность печного трансформатора равна 72 МВ·А.

Таблица 2 Зависимость времени плавления и удельных расходов электроэнергии от удельной мощности для ДСП емкостью 100 т

$S_{уд}$, кВ·А/т	$P_{п.ср}$, МВт	$t_{пл}$, мин	$w_{уд}$, кВт·ч/т
400	26,0	108	455
500	32,5	83	433
600	39,0	67	417
700	45,5	57	407
750	48,8	53	403
800	52,0	49	400
900	58,5	43	394
1000	65,0	39	390

Средний цикл плавки в сверхмощных печах состоит из следующих операций:

- 1) заправка печи, загрузка первой бадьи лома, перепуск и смена электродов (около 20 мин);
- 2) плавление шихты с учетом внутриоперационных пауз (около 55 мин);
- 3) окислительный период: нагрев и обезуглероживание металла (около 15 мин);
- 4) выпуск металла из печи (около 5 мин).

Продолжительность операций можно сократить интенсификацией технологических периодов плавки и организационных мероприятий, направленных на уменьшение длительности внутри- и межплавочных простоев. Так, для сокращения времени плавления шихты под током широко используют подачу газообразного кислорода в рабочее пространство печи, топливно-кислородные горелки, располагаемые на стенах печей между электродами и в рабочем окне. Дальнейшее сокращение продолжительности плавления на 5-10 мин обеспечивается предварительным подогревом лома за счет тепла отходящих из печи газов. Время окислительного периода плавки можно сократить, повышая мощность дуг, строго сочетая скорость обезуглероживания со скоростью нагревания металла при помощи АСУ технологического

процесса, и понижая температуру выпускаемой из печи стали при дополнительном подогреве ее вне печи в печах-ковшах.

Технология выплавки стали с оставлением в печи 15-20% жидкого металла и всего конечного шлака позволяет сократить продолжительность межплавочных простоев примерно в 2 раза, выпуск стали через углубленное или расположенное в подине печи отверстие отсекает печной шлак, сокращает время выпуска до 1-3 мин.

Одновременно с сокращением продолжительности плавки в сверхмощных печах уменьшается и удельный расход электроэнергии, составляющий при использовании небольшого количества кислорода и 90-100% лома в шихте около 480-520 кВт·ч на 1 т жидкой стали. В печах, перерабатывающих металлизированные окатыши, удельный расход электроэнергии существенно выше, что связано с восстановлением оксидов железа этого сырья и большим количеством образующегося шлака. Уровень расхода 510-520 кВт·ч на 1 т стали был достигнут отдельными печами средней удельной мощности, использовавшими большое количество кислорода по ходу плавки или переплавлявшими легированные отходы. В последнем случае расход энергии на процесс плавления меньше, так как суммарная энергия химических реакций в этот период плавки значительно больше, чем на обычном ломе.

На отдельных заводах, использовавших обычный лом в количестве до 10%, удельный расход электроэнергии существенно снижался в результате применения большого количества кислорода в период плавления, подаваемого через трубку в рабочее пространство печей, через стеновые топливно-кислородные горелки или сводовые фурмы. Кислород, подаваемый в печь в период плавления, снижает $w_{уд}$ за этот период плавки в размере 3,0-3,5 кВт·ч на 1 м³ использованного кислорода.

Предварительный подогрев загружаемого в печь лома отходящими от нее газами сокращает количество тепла, необходимого для плавления шихты, на 35-40 кВт·ч/т.

Применение печей-ковшей для дополнительного подогрева стали, выпущенной из ДСП, позволяет снизить $w_{уд}$ на 5-20 кВт·ч/т.

Расход электроэнергии в ДСП зависит также от электрических режимов работы печей. Регулировать электрический режим печи можно, изменяя либо питающее напряжение, либо длину дуги, а, следовательно, и ее ток. Первый способ регулирования осуществляется переключением обмотки высокого напряжения печных трансформаторов, он применяется только несколько раз за плавку при изменении протекающего в печи процесса. Второй способ позволяет регулировать режим работы печи непрерывно и плавно, поднимая и опуская электроды с помощью системы автоматического управления, поддерживающей на заданном уровне ток и мощность печи. При непрерывном регулировании режима печи по току важно знать электрические характеристики печи - зависимости от тока полной (S_n), активной (P_n), реактивной (Q_n) мощностей, мощности (P_d) и напряжения (U_d) дуги, электрических ($\Delta P_{эл}$) и тепловых (ΔP_T) потерь, КПД ($\eta_{эл}$) и коэффициента мощности ($\cos\phi_n$). Электрические характеристики строятся на основе схем

замещения печных установок; они позволяют оценить целесообразность работы печи в том или ином режиме и выбрать соответствующий ток, на который надо настроить систему автоматического регулирования. Однако для определения оптимальных режимов печи одних электрических характеристик недостаточно. Дуговая печь - это технологический агрегат, характеризуемый удельным расходом электроэнергии и производительностью. Причем режим с минимальным удельным расходом электроэнергии не совпадает с режимом максимальной производительности. Для выяснения связей этих режимов необходимо построить дополнительно рабочие характеристики ДСП, т.е. зависимости удельных расходов $w_{уд}$, времени плавления $t_{пл}$, производительности печи $G_{п}$ и полного КПД печи $\eta_{п}$ от тока (рис.1). Рабочие характеристики печи строятся для периода расплавления металла, так как этот период является определяющим для всех ДСП. Как видно из рис .1, возможные пределы рабочих режимов печи уже, чем электрических. Это объясняется тем, что печь может работать лишь тогда, когда ее активная мощность не меньше, чем сумма ее тепловых и электрических потерь, что соответствует токам $I_{p\ min}$ и $I_{p\ max}$. Кривая удельного расхода электроэнергии $w_{уд}$ имеет минимум при токе $I_{опт.э}$, при этом же токе получается и максимум КПД печи $\eta_{п}$. Таким образом, $I_{опт.э}$ определяет оптимальный режим работы печи по энергетическим характеристикам. Кривая производительности печи $G_{п}$ достигает максимума при токе $I_{max\ пр}$, который соответствует максимуму мощности дуг. Этому же току соответствует минимум кривой времени расплавления $t_{пл}$. Следовательно, $I_{max\ пр}$ соответствует режиму максимальной производительности печи. Из рис. 1 следует, что оптимальный режим по энергетическим характеристикам наступает при токе, меньшем, чем ток, соответствующий максимальной производительности. Поэтому, если предприятие работает в условиях дефицита электроэнергии, то, очевидно, надо ориентироваться на оптимальный энергетический режим и поддерживать ток $I_{опт.э}$, а если выплавлять максимум металла, то определяющим можно принять режим максимальной производительности и поддерживать ток $I_{max\ пр}$.

Снижение тепловых потерь в ДСП можно получить: увеличением стойкости футеровки; улучшением качества футеровки; окраской наружных поверхностей кожуха печи алюминиевой краской; изготовлением конической футеровки с соответствующим изменением кожуха печи; снижением потерь тепла с охлаждающей водой; уменьшением потерь тепла с отходящими газами; уменьшением потерь тепла излучением через окна и отверстия печи; сокращением простоев печи.

Стойкость футеровки может быть повышена: за счет применения высококачественных футеровочных материалов; выбора и поддержания оптимальной высоты свода над уровнем металла в период рафинирования; уменьшения продолжительности рафинирования; осуществления скоростных ремонтов теплоизоляции стен; применения на крупных ДСП взамен футеровки водоохлаждаемых панелей.

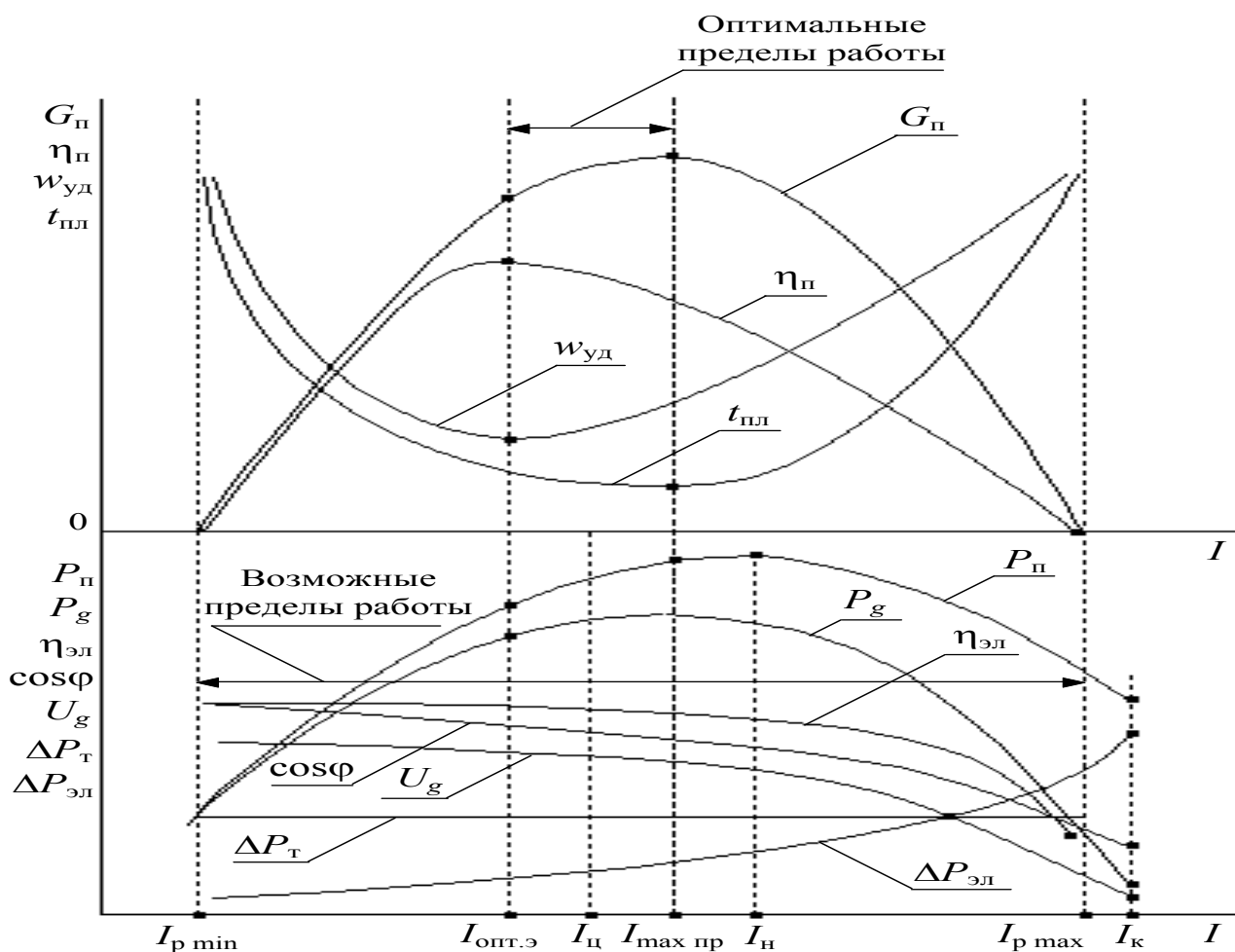


Рисунок 1 Рабочие и электрические характеристики дуговой печи

Для футеровки стен и сводов ДСП применяют в основном магнезиохромитовые огнеупоры. Толщина футеровки стен и сводов зависит от вместимости печей. Увеличение толщины этих элементов футеровки нерационально, так как в этом случае значительно увеличиваются скорость износа и удельный расход огнеупоров. Иначе обстоит дело с конструкцией подины. Тепло, теряемое через подину, отнимается от нагретой и расплавленной шихты, т.е. теряется часть полезной энергии, идущей на расплавление шихты. Поэтому подину теплоизолируют от металлического днища слоем асбеста, шамотного порошка и шамотного кирпича.

Наибольшее влияние на величину тепловых потерь крупных ДСП оказывает длительность цикла плавки $t_{\text{цп}}$. Поэтому при сокращении $t_{\text{цп}}$ на современных мощных ДСП вместительностью 100-150 т до 1,0-1,5 ч доля тепловых потерь снижается до весьма малых значений. Этому способствует и замена большей части футеровки стен и свода водоохлаждаемыми панелями. Водоохлаждаемыми панелями заменяют до 80% площади боковой поверхности стен и до 90% площади поверхности свода.

В ДСП потери тепла с отходящими газами составляют в среднем 15-17%. Кроме того, удаление и очистка газов требуют дополнительных энергетических затрат, увеличивающих расход электроэнергии на выплавку стали на 10-12%^[1]. Снижение потерь тепла с уходящими газами может быть

получено главным образом путем эффективного использования химической энергии оксида углерода и водорода в рабочем пространстве ДСП и сокращения подсосов в него холодного воздуха, который увеличивает не только потери тепла, но и окисление графитированных электродов. Минимум подсосов обеспечивает такой оптимальный гидравлический режим рабочего пространства ДСП, при котором на уровне порога рабочего окна поддерживается статическое давление газов, близкое к атмосферному, а под сводом - избыточное давление (15-20 Па), зависящее от высоты рабочего пространства и температуры газов. Для дожигания горючих газов необходимо использовать не воздух, а кислород. Расход электроэнергии на газоудаление определяется общим объемом запыленных газов $\sum V$, поступающих на газоочистку. Этот объем зависит как от вместимости ДСП, так и от степени интенсификации процесса и конструктивного исполнения системы газоудаления. Наиболее простыми являются системы без принудительного отсоса газов из рабочего пространства. В этом случае все газы выбрасываются из ДСП в атмосферу цеха и улавливаются вытяжными коллекторами, расположенными в местах выбросов вблизи электродных отверстий и над рабочим окном ДСП, либо общим зонтом, тесно охватывающим весь свод. Такие системы нашли широкое применение на малых ДСП емкостью 3-12 т^[1]. На ДСП средней и большей емкости устанавливают системы принудительного отсоса газов через дополнительное отверстие в своде и сводовой патрубком. Общее количество газов $\sum V_i$, которое такие системы отсасывают и подают на газоочистку, зависит не только от V_i , но и от способа охлаждения газов и объема неорганизованных выбросов. Расходы газов $\sum V_i$ и энергетические затраты на их транспортировку и очистку можно сократить в 2,0-2,5 раза и более, если их охлаждать не только смешиванием с наружным воздухом, но и в специальных теплообменниках-охладителях. Наиболее эффективным является использование тепла отходящих газов для предварительного подогрева металлошихты перед плавкой или в энергетических целях, например, для получения перегретого пара.

Основные элементы, влияющие на электрические потери, - печной трансформатор и вторичный токопровод. Величины потерь зависят от силы тока I_n и конструктивных параметров вторичного токопровода. Участками вторичного токопровода ДСП являются трансформатор с выводами, шинный пакет, гибкие кабели, подвижные башмаки, токоведущие трубошины электродержателей, электродержатели, часть графитированных электродов от верхнего уровня электродержателей до рабочей поверхности свода и контактные соединения между перечисленными элементами. Размеры участков вторичного токопровода зависят от взаимного расположения ДСП и трансформатора, конструкции механизмов поворота свода и наклона печи, а также от диаметра кожуха печи. Для уменьшения потерь электроэнергии необходимо иметь минимальную длину участков вторичного токопровода и рациональную площадь поперечного сечения его элементов при допустимой плотности тока в элементах вторичного токопровода:

- медные шины при площади сечения пакета на фазу до 5000 мм^2 - $1,5-2 \text{ А/мм}^2$, свыше 5000 мм^2 - $1-1,5 \text{ А/мм}^2$;
- медные гибкие кабели при площади сечения на фазу до 4000 мм^2 - $1,8-2,5 \text{ А/мм}^2$, выше 4000 мм^2 - $1,2-1,8 \text{ А/мм}^2$;
- медные водоохлаждаемые трубы - $4-6 \text{ А/мм}^2$.^[1]

Значительное влияние на активное и индуктивное сопротивления, а также КПД и коэффициент мощности ДСП оказывает схема короткой сети. Простейшей является схема треугольник на ошиновке трансформатора, звезда на электродах (рис. 2, а). Однако эта схема имеет большое индуктивное сопротивление и несимметричное распределение нагрузки по фазам, поэтому применяется на печах малой емкости (до 20 т). Значительно лучшие показатели имеют схемы короткой сети - несимметричный треугольник на электродах (рис. 2, б) и симметричный треугольник на электродах с четвертым рукавом (рис. 2, в). Эти схемы обладают следующими достоинствами: уменьшается среднее активное сопротивление печной установки в 1,2 (в схеме рис. 2, б) и 1,5 (в схеме рис. 2, в) раза; уменьшается индуктивное сопротивление в 1,1 и 1,4 раза соответственно; уменьшается несимметрия токов по фазам; сокращается длительность плавки на 10-15 %; уменьшается удельный расход электроэнергии на 9-10 кВт·ч/т^[2].

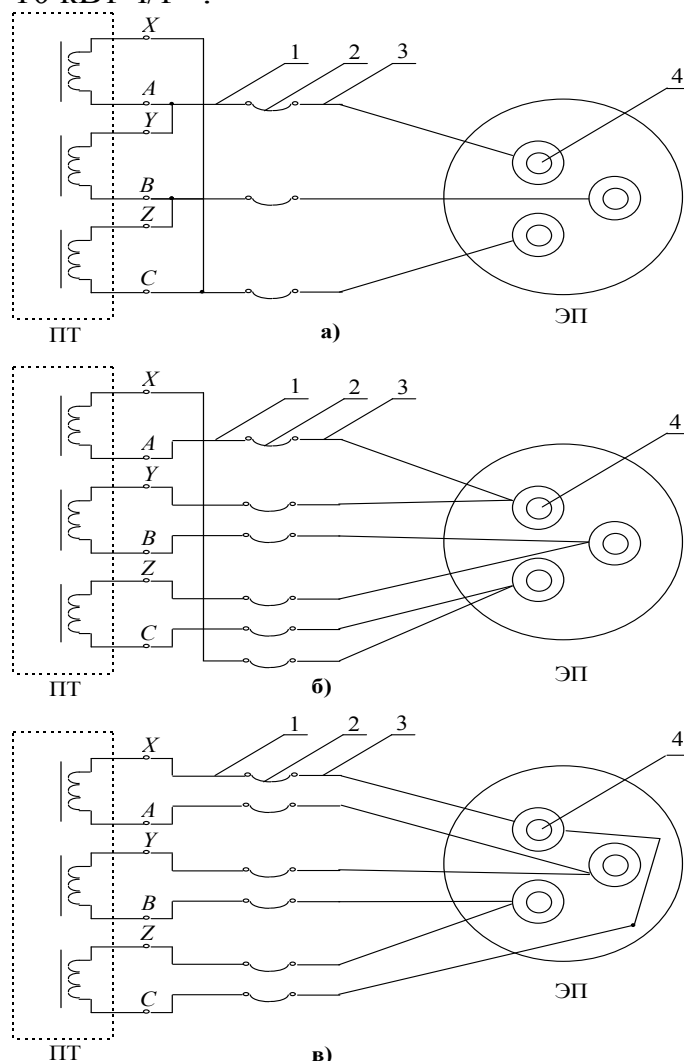


Рисунок 2 Варианты схем короткой сети: 1 – ошиновка трансформатора; 2 – гибкий кабель; 3- токоподвод; 4- электроды

Для уменьшения длины гибких водоохлаждаемых кабелей целесообразно такое взаимное расположение ДСП и трансформатора, при котором выводы средней фазы трансформатора или трансформатор в целом сдвинуты относительно сливного носка, что сокращает длину кабелей на $0,8-1 \text{ м}^{[2]}$. Длина гибких кабелей зависит также от расстояния между ДСП и трансформатором, которое определяется конструкцией механизма поворота свода и минимально допустимым радиусом изгиба кабелей, от высоты подъема электродов и траектории перемещения подвижных башмаков электродержателей при наклоне печи для слива металла, от радиуса опорных сегментов механизма наклона, от конфигурации откосов ванны, определяющей минимальный угол наклона ДСП, необходимый для полного слива металла. Правильный выбор этих взаимосвязанных конструктивных параметров позволяет существенно сократить длину гибких кабелей, их электрическое сопротивление и потери электроэнергии. При конструировании вторичного токопровода следует учитывать, что в металлоконструкциях, находящихся вблизи от проводников, вследствие электромагнитной индукции возникают вихревые токи. Для устранения дополнительных электрических потерь из-за перемагничивания массивные металлоконструкции, окружающие токопровод, следует изготавливать из немагнитных материалов или удалять проводники от металлоконструкций на расстояние не менее $0,4-0,5 \text{ м}^{[1]}$.

Важнейшим элементом вторичного токопровода является корпус электродержателя. Потери в электрическом контакте электродержатель - электрод достигают в некоторых случаях 2-6% активной мощности ДСП. Выделяющаяся в контакте тепловая энергия нагревает электродержатель, что ухудшает состояние контактной поверхности и увеличивает его электрическое сопротивление. Это ведет к дальнейшему росту температуры и выходу электродержателя из строя. Электрические потери в электродержателе зависят от материала контактных щек, усилия зажима электрода, формы и состояния контактных поверхностей. При замене стали на медь падение напряжения и электрические потери в контакте снижаются во много раз, а при увеличении контактного давления с $0,5$ до 2 МПа - в 2 раза. Для обеспечения минимальных электрических потерь усилие зажима электрода в электродержателе должно обеспечивать контактное давление 2-3 МПа. Для уменьшения контактных сопротивлений необходимы тщательная зачистка контактной поверхности, смазывание тонким слоем технического вазелина или аналогичной смазкой для предохранения от окисления, применение пружинных шайб.

Для современных 100-тонных ДСП характерно следующее распределение потерь электроэнергии по участкам вторичного токопровода: трансформатор - 8-13%, шинный пакет - 4-8%, гибкие кабели- 13-20%, токоведущие трубы и электродержатели - 8-10%, электроды - 56-59%.

При разработке мероприятий по энергосбережению на промышленном предприятии необходимо учитывать, что имеются следующие направления экономии:

1. Экономия ТЭР путем совершенствования энергоснабжения. Данные мероприятия разрабатываются энергетиками. Основными из них являются:

1) *Правильный выбор энергоносителей.* Для каждого процесса необходим такой энергоноситель, который обеспечивает наибольший энергетический и экономический эффект. Например, для печей и нагревательных установок должны сравниваться прямое использование топлива и электронагрев; для кузнечно-прессового оборудования - электроэнергия, сжатый воздух и пар (если он имеется на предприятии). Вид энергоносителя выбирают, сопоставляя варианты и комплексно анализируя следующие факторы:

- а) требования со стороны технологии (изменение качества выпускаемой продукции, расход сырья и пр.);
- б) экономические различия в конструкции и условиях эксплуатации оборудования;
- в) затраты на сравниваемые энергоносители;
- г) наличие необходимого оборудования;
- д) необходимый период времени для осуществления замены оборудования;
- е) экономический эффект от использования ВЭР, затраты на экологические мероприятия.

2) *Уменьшение числа преобразований энергии.* Так как каждое преобразование энергии связано с потерями, то чем меньше последовательных преобразований претерпевает энергия, тем выше общий КПД. Экономически, например, целесообразна замена сжатого воздуха электроэнергией всюду, где это возможно по технологическим условиям.

3) *Разработка рациональных схем энергосбережения.* Схема энергосбережения завода - сложный комплекс, в котором взаимозависимы и часто взаимозаменяемы отдельные энергоносители. Разработка комплексной схемы энергоснабжения, увязанной с технологией и учитывающей технологически необходимые параметры всех энергоносителей, вскроет резервы экономии и покажет очередность их реализации.

4) *Автоматизация энергоснабжающих установок.* Сюда относятся такие мероприятия, как автоматизация отопительных агрегатов, бойлерных установок, подстанций и внедрение телеуправления и автоматического регулирования параметров энергии различных двигателей и агрегатов.

5) *Повышение качества энергоресурсов.* Любое изменение параметров энергоресурсов (давления, температуры, влажности, сернистости, зольности, качества электроэнергии и т.п.) приводит к ухудшению качества продукции и перерасходу энергоресурсов.

2. *Экономия ТЭР путем совершенствования энергоиспользования.* Данные мероприятия разрабатываются энергетиками совместно с технологами. Основными из них являются:

- 1) внедрение технологических процессов, оборудования, машин и механизмов с улучшенными энерготехнологическими характеристиками;
- 2) совершенствование действующих технологических процессов, модернизация и реконструкция оборудования;
- 3) повышение степени использования ВЭР;
- 4) утилизация низкопотенциального тепла;

5) организационно-технические мероприятия.

Несмотря на различия в конструкциях промышленных установок и способах их эксплуатации, потенциальные возможности энергосбережения в них сходны. Они могут быть сгруппированы в следующие категории:

- 1) стратегия эксплуатации и технического обслуживания;
- 2) стратегия модернизации оборудования и технологических процессов;
- 3) стратегия замены существующего оборудования на новое менее энергоемкое и внедрение новых технологий.

Литература

1. Г.Я. Вагин, А.Б. Лоскутов Экономия энергии в промышленности:- Учеб. пособие / ; Нижегород. гос. техн. ун-т., НИЦЭ. Н. Новгород, 1998. -220 с.
2. Б.П. Борисов, Г.Я. Вагин, А.Б. Лоскутов и др Повышение эффективности использования электроэнергии в системах электротехнологии . - Киев: Наукова думка, 1990. - 240 с.