

визуализацию процесса) и баз данных (используются для хранения как входящей и исходящей, а также ведение отчётов по работе системы).

Рассмотрим алгоритм проведения основных вычислений (рис.1).

В первую очередь стоит обратить внимание на события, вызывающие систему вычисления заданий для силосов(блок 1): старт программы, изменение задания, замена марки угля в силосе, окончанием угля в силосе. После любого из вышеперечисленных событий следует выбор уникальных марок углей из тех (блок 2), что сейчас находятся в силосах, что позволит сузить количество слагаемых в каждом из вычисляемых параметров (по полученным результатам работы системы в среднем количество уменьшается с 12 до 7). Затем следует принятие стартовых значений (точек) (блок 3), что определяется исходя из выбранного численного метода (метод внешних штрафов).

Для того, чтобы было возможно проверить результаты, а при необходимости изменить задание (если получить заданные параметры смеси не выходит), стартует первый цикл (блок 4). Сразу в его начале составляем матрицу ограничений (блок 5), в которую входят все необходимые далее цифры и знаки неравенств и сразу стартует 2-й цикл (блок 6), который при необходимости уменьшает количество ограничений (критерий уменьшения аналогичен предыдущему циклу). Внутри 2-го цикла осуществляется составление уравнения (блок 7) для поиска минимума по методу внешних штрафов с учётом ограничений и последующие его решения (блок 8), а так же контроль вхождения в «бесконечный» цикл (происходит при отсутствии решения). После вычислений происходит окончание циклов (блоки 11,14) и выполнение необходимых действий увеличения диапазона вычислений (блоки 9,10 и 12,13) (действия были описаны ранее). Поиск минимума можно считать завершённым. Не менее интересным является распределение уже имеющихся заданий (для определённых марок), по определённым силосам. Основные этапы расчёта:

1. Распределение слишком маленьких заданий по другим маркам (блок 15)
2. Расчёт оптимального делителя для каждой марки угля (блок 16)
3. Подсчёт количества силосов каждой марки (блок 17)
4. Распределение задания по силосам. (блок 18)

Перечень ссылок

1. Ю.А.Гостев. Технологическая инструкция углеподготовительного цеха Мариупольского государственного коксохимического завода.- Мариуполь 1995 -68с
2. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах.- М 2002 - 544с

УДК 621.313.34

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ И ОЦЕНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ВАРИАНТОВ СХЕМ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ РУДНИЧНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Шевченко С.Е., студент

(Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева,г. Харьков, Украина)

До того, как в 70-х годах был разработан MOSFET, биполярный транзистор был единственным силовым полупроводниковым прибором. Он применялся в большинстве разработок, но его эффективность была ограничена несколькими недостатками: необходимость большого тока базы для включения; наличие при запираии токового «хвоста», поскольку ток коллектора не спадает мгновенно после снятия тока управления; зависимость параметров от температуры; напряжения насыщения цепи коллектор-эмиттер ограничивает минимальное рабочее напряжение. Когда появился полевой MOSFET, ситуация изменилась. Его характеристики отличаются от характеристик биполярных транзисторов: управляется не током, а напряжением; меньше зависят параметров от температуры; рабочее напряжение MOSFET,

теоретически, не имеет нижнего предела благодаря использованию многоячеистых СБИС; низкое сопротивление канала (до 0,003 Ом); широкий диапазон токов (от 0,5 до 100 А); высокую частоту переключения (до 500 кГц); рабочее напряжение до 1 кВ при больших линейных и нагрузочных изменениях, тяжелых рабочих циклах и низких выходных мощностях. Появление этого класса транзисторов позволило значительно расширить область применения машин переменного тока, в частности, асинхронных двигателей (АД) с использованием частотного управления. Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT - Insulated Gate Bipolar Transistors) - полностью управляемый полупроводниковый прибор, в основе которого трёхслойная структура. Его включение и выключение осуществляются подачей и снятием положительного напряжения между затвором и истоком. На рис. 1 приведено условное обозначение IGBT. На рис. 2 приведена эквивалентная схема включения двух транзисторов. Коммерческое использование IGBT началось с 80-х годов и прошло четыре стадии своего развития.

1-е поколение IGBT (1985 г.): предельные коммутируемые напряжения 1000 В и токи 200 А в модульном и 25 А в дискретном исполнении, прямые падения напряжения в открытом состоянии 3,0-3,5 В, частоты коммутации до 5 кГц (время включения/выключения около 1 мкс).

2-е поколение (1991 г.): коммутируемые напряжения до 1600 В, токи до 500 А в модульном и 50 А в дискретном исполнении; прямое падение напряжения 2,5-3,0 В, частота коммутации до 20 кГц (время включения/выключения около 0,5 мкс).

3-е поколение (1994 г.): коммутируемое напряжение до 3,5 кВ, токи 1200 А в модульном исполнении. Для приборов с напряжением до 1800 В и токов до 600 А прямое падение напряжения составляет 1,5-2,2 В, частоты коммутации до 50 кГц (времена около 200 нс).

4-е поколение (1998 г.): коммутируемое напряжение до 4,5 кВ, токи до 1800 А в модульном исполнении; прямое падение напряжения 1,0-1,5 В, частота коммутации до 50 кГц (времена около 200 нс).



Рисунок 1 - Условное обозначение IGBT

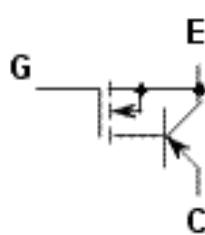


Рисунок 2 - Схема соединения транзисторов в единой структуре IGBT

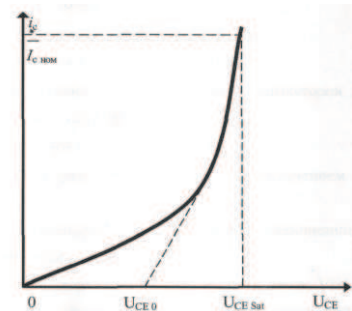


Рисунок 3 - Зависимость падения напряжения на переходе от тока

IGBT являются продуктом развития технологии силовых транзисторов со структурой металл-оксид-полупроводник, управляемых электрическим полем (MOSFET – Metal - Oxid-Semiconductor – Field – Effect - Transistor) и сочетают в себе два транзистора в одной полупроводниковой структуре: биполярный (образующий силовой канал) и полевой (образующий канал управления).

В качестве примера проведем сравнительный анализ традиционной системы управления тяговым электровозом с приводом от АД с к.з. ротором типа АД-14 и с частотным управлением. В традиционной схеме преобразователя в качестве модуля VT в плече инвертора можно принять IGB - транзисторный модуль (со встроенным обратным диодом) типа P2300K6KP2, одиночный, производства EUPES: $U_{CE}=600$ В; $I_{CHOM}=300$ А при $T_C=80^\circ\text{C}$; $I_{cp}=600$ А при $t_p=1$ мс, $T_C=80^\circ\text{C}$; импульс; $U_{CESat}=3,2$ В при $T_j=125^\circ\text{C}$, $I_{CHOM}=300$ А, насыщение перехода; $U_{CE0}=1,5$ В, (рис. 3). Ориентировочная стоимость без НДС -100\$ (530 грн).

Таблица 1 - Параметры тягового АД с частотным управлением типа АД-14

Наименование параметра	Размерность	Величина
Номинальная мощность на валу, P_M	кВт	14
Действующее значение фазного номинал. напряжения, $U_{F1ном}$	В	60
Схема соединения обмоток	-	Звезда
Номинальная скорость вращения, $n_{НОМ}$	мин ⁻¹	615
Номинальная частота выходного напряжения, f_{SH}	Гц	41
Коэффициент мощности по первой гармонической, $\cos\phi_{1H}$	о.е.	0,8
Коэффициент полезного действия, η_H	о.е.	0,85
Активное сопротивление обмотки фазы статора, R_S	Ом	0,394
Активное приведенное сопротивление фазы ротора, R_r	Ом	0,0224
Индукт. сопротивление рассеяние обмотки фазы статора, X_S	Ом	0,0613
Индуктивное приведенное сопротивление фазы ротора, X_r	Ом	0,062
Индуктивное сопротивление намагничивания, X_μ	Ом	1,47
Число пар полюсов, p	-	4
Номинальное скольжение, S_H	%	3,27

Потери мощности в инверторах: $\Delta P_U = N_U * N_V * \Delta U * I_V * K_f$, Вт

где $N_U = 2$ - число инверторов в плече; $N_V = 6$ - число задействованных плеч инвертора; ΔU - усредненное значение падения напряжения на модуле одного плеча инвертора;

$$\Delta U \approx U_{CE0} + (U_{CESat} - U_{CE0}) * I_V / I_C, \text{ В}$$

в номинальном режиме: $\Delta U_{НОМ} = 1,5 + (3,2 - 1,5) * 51 / 300 = 1,8 \text{ В}$

в максимальном режиме: $\Delta U_{НОМ} = 1,5 + (3,2 - 1,5) * 87 / 300 = 2,0 \text{ В}$

Таблица 2 - Сводная таблица потерь и стоимостей преобразователей

Наименование схемы преобразователя	Потери мощности $\Sigma \Delta P_U$, Вт		Стоимость комплектующих, ΣS_v	
	номинальный (длит.) режим	максимальный (пусковой) режим	\$	грн.
Традиционная	1101,6	2923,2	1200	6360
С переключением секций батареи	1677	2954,2	1500	7950
С переключением инверторов	1677	2946,2	1408,5	7465
Каскадная	1444,4	2083	1100	5883
С переключением фаз	1101,6	1631	1288	6825

Таблица 3 - Относительные показатели сравниваемых схем преобразователей

Наименование схемы преобразователя	Относительные потери мощности, о.е		Относительная стоимость комплектующих о.е.
	номин. (час.) режим	максимальн. (пусковой) режим	
1. Традиционная	1,0	2,65	1,0
2. С переключением секций аккумуляторной батареи	1,52	2,68	1,25
3. С переключением инверторов	1,52	2,67	1,17
4. Каскадная	1,31	1,89	0,92
5. С переключением фаз	1,0	1,48	1,07

В процессе проведенных расчетов для различных схем были получены данные, указанные в таблицах 2 и 3.