

Электрооборудование промышленности

Объем в часах

Лекций - 22 часа,

Лабораторных занятий - 22 часа,

Практических занятий - 22 часа,

Курсовой проект

Итоговая аттестация – экзамен

Литература

- Усольцев А.А. Электрический привод/Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2012, – 238 с.
- Онищенко Г.Б., Аксенов М.И. и др. Автоматизированный электропривод общепромышленных установок.- М.: РАСХН-2001.- 520 с.
- Петрович В.П., Воронина Н.А., Глазачев А.В. Силовые преобразователи электрической энергии. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 240 с.
- Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов.- М.: Энергия- 1980.- 360 с.
- Фашиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий: Учебное пособие. – М.: Горная книга, 2011. – 260 с.

Основные элементы электрооборудования промышленности

Электроустановка (ЭУ) - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования её в другой вид энергии.

По назначению ЭУ подразделяют на

- ✓ производящие электрическую энергию (электростанции);
- ✓ потребляющие электрическую энергию (электроприемники);
- ✓ преобразующие и распределяющие ЭУ (электрические сети, трансформаторные подстанции).

Классификация приемников электрической энергии

- ✓ трехфазного тока напряжением до 1000 В и $f=50$ Гц;
- ✓ трехфазного тока напряжением выше 1000 В и $f=50$ Гц;
- ✓ однофазного тока напряжением до 1000 В, $f=50$ Гц;
- ✓ работающие с частотой, отличной от 50 Гц, питаемые от преобразовательных подстанций и установок;
- ✓ постоянного тока, запитываемые от преобразовательных подстанций и установок.

Характерные группы приемников

1. Работающие в режиме с продолжительно неизменной или мало меняющейся нагрузкой (двигатели компрессоров, насосов, вентиляторов).
2. Работающие в режиме кратковременной нагрузки (электродвигатели электроприводов вспомогательных механизмов металлорежущих станков).
3. Работающие в режиме повторно-кратковременной нагрузки (электродвигатели кранов, сварочные аппараты).

Приемники электрической энергии промышленных предприятий

1. Силовые промышленные установки.
2. Электрические осветительные установки.
3. Преобразовательные установки.
4. Электродвигатели производственных механизмов.
5. Электрические печи и электротермические установки.
6. Электросварочные установки.

Силовые промышленные установки - компрессоры, вентиляторы, насосы и подъемно-транспортные устройства.

Двигатели компрессоров, вентиляторов и насосов работают в одинаковом режиме (0,22 до 10 кВ); создают симметричную нагрузку по всем трем фазам (толчки нагрузки только при пуске); $\cos\varphi=0,8\div0,85$.

Подъемно-транспортные устройства работают в повторно-кратковременном режиме (частые толчки нагрузки); $\cos\varphi=0,3\div0,8$. По бесперебойности питания эти устройства должны быть отнесены (в зависимости от места работы и установки) к потребителям 1-ой или 2-ой категорий.

Электрические осветительные установки - однофазная нагрузка, благодаря незначительной мощности (2 кВт) можно достичь достаточно равномерной нагрузки по фазам (с несимметрией не более 5–10%). Нагрузка равномерная, без толчков, но ее значение зависит от времени суток, года и географического положения. Коэффициент мощности для ламп накаливания равен 1, для газоразрядных ламп - 0,6.

Преобразовательные установки - преобразование трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц в постоянный или в трехфазный или однофазный ток пониженной, повышенной или высокой частоты.

Служат для питания:

- ✓ двигателей ряда машин и механизмов;
- ✓ электролизных ванн;
- ✓ внутризаводского электрического транспорта;
- ✓ сварочных установок постоянного тока и др.

Электродвигатели производственных механизмов – обычно 2 категория

- ✓ электродвигатели постоянного тока;
- ✓ асинхронные электродвигатели;
- ✓ синхронные электродвигатели.

Электрические печи и электротермические установки

По способу превращения электрической энергии в тепловую:

- ✓ печи сопротивления;
- ✓ индукционные печи и установки диэлектрического нагрева;
- ✓ дуговые электрические печи;
- ✓ печи со смешанным нагревом.

Печи сопротивления

Нагрев материала в печах **косвенного действия** происходит за счет тепла, выделяемого нагревательными элементами.

В печах **прямого действия** нагрев осуществляется теплом, выделяемым в нагреваемом изделии при прохождении по нему электрического тока. Большинство печей сопротивления относится к 2-ой категории.

Расплавление металла в **индукционных печах** осуществляется теплом, возникающим в нем при прохождении индукционного тока (2 категория). В установках для нагрева диэлектриков нагреваемый материал помещается в электрическое поле конденсатора, и нагрев происходит за счет токов смещения.

В **дуговых электрических печах прямого** действия нагрев и расплавление металла осуществляются теплом, выделяемым электрической дугой, горящей между электродом и расплавляемым металлом. Нагрев металла в печах косвенного действия осуществляется теплом, выделяемым электрической дугой, горящей между угольными электродами (1 категория) .

Электрические **печи со смешанным нагревом** разделяют на рудотермические и печи электрошлакового переплава.

В рудотермических печах материал нагревается теплом, которое выделяется при прохождении электрического тока по шихте и горении дуги.

В печах электрошлакового переплава нагрев осуществляется за счет тепла, выделяющегося в шлаке при прохождении по нему тока. Расплавление шлака производится теплом электрической дуги. Электрошлаковый переплав применяется для получения высококачественных сталей и специальных сплавов.

Электросварочные установки работают на переменном и постоянном токе. Технологически сварка делится на дуговую и контактную. По способу производства работ на ручную и автоматическую.

Потери энергии в приводах постоянного и переменного тока

Потери энергии в установившихся режимах работы ЭП

$$\Delta P = \Delta P_C + \Delta P_V$$

Для ДПТ и СД постоянные потери

$$\Delta P_C = \Delta P_{CT} + \Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_B$$

$$\Delta P_B = I_B^2 \cdot R_B$$

Зависят от скорости двигателя, амплитуды и частоты питающего напряжения, но т.к. изменяются незначительно, то обычно принимаются неизменными и равным номинальным постоянным потерям.

Переменные потери в статическом режиме

Для ДПТ НВ $\Delta P_V = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{я}} = M(\omega_0 - \omega)$

ω_0 — скорость идеального ХХ

Для АД

$$\Delta P_V = 3I_1^2 \cdot R_1 + 3(I_2')^2 \cdot R_2' = M\omega_0 s \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \quad (I_2' \approx I_1)$$

Для СД $\Delta P_V = 3I_1^2 \cdot R_1$

Общее выражение переменных потерь $\Delta P_V = \Delta P_{VН} \cdot k_i^2$

где кратности токов двигателей

для ДПТ $k_i = \frac{I_{\text{я}}}{I_{\text{ян}}}$ для АД $k_i = \frac{I_2'}{I_{2Н}'}$ для СД $k_i = \frac{I_1}{I_{1Н}}$

Потери энергии за время переходного процесса

Так как по сравнению с переменными постоянные потери в переходном процессе малы, то в дальнейшем они учитываться не будут.

В ДПТ НВ потери энергии в случае пренебрежения постоянными потерями и $M_C = 0$ составят

$$\Delta A = \int_0^{t_{п.п}} \Delta P_V(t) dt = \int_0^{t_{п.п}} M(\omega_0 - \omega) dt = \int_{\omega_{нач}}^{\omega_{кон}} J(\omega_0 - \omega) d\omega$$

так как

$$dt = J \frac{d\omega}{M} \qquad M - M_C = J \frac{d\omega}{dt}$$

При пуске ДПТ НВ вхолостую

$$\Delta A_{\text{п0}} = \int_0^{\omega_0} J(\omega_0 - \omega) d\omega = J \frac{\omega_0^2}{2}$$

потери энергии определяются запасом кинетической энергии, накопленной массами привода к концу пуска.

При пуске под нагрузкой, если $M_c = \text{const}$:

$$\Delta A_{\text{п}} = \int_0^{t_{\text{п}}} (M_{\text{дин}} + M_c)(\omega_0 - \omega) dt$$

Так как

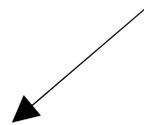
$$dt = \frac{J d\omega}{M_{\text{дин}}}$$

$$\Delta A_{\Pi} = \int_0^{\omega_c} J(\omega_0 - \omega) d\omega + M_c \int_0^{t_{\Pi}} (\omega_0 - \omega) dt$$

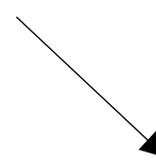
ИЛИ

$$\Delta A_{\Pi} = J(\omega_0 \omega_c - \omega_c^2 / 2) + M_c (\omega_0 t_{\Pi} - \int_0^{t_{\Pi}} \omega dt)$$

$$\Delta A_{\Pi} = \Delta A_{\text{дин}} + \Delta A_{\Pi(M_c)}$$



потери энергии в якорной
цепи, обусловленные
разгоном инерционных масс
привода



потери, вызванные
наличием момента
нагрузки

При торможении противовключением вхолостую

$$\omega_{\text{нач}} = \omega_0, \omega_{\text{кон}} = 0$$

$$\Delta A_{\text{ТПВ0}} = \int_{\omega_0}^0 J(-\omega_0 - \omega) d\omega = \int_0^{\omega_0} J(\omega_0 + \omega) d\omega = 3 \frac{J\omega_0^2}{2}$$

- равны тройному запасу кинетической энергии.

При торможении противовключением под нагрузкой $M_c = \text{const}$

$$\Delta A_{\text{ТПВ}(M_c)} = J(\omega_0\omega_c + \omega_c^2 / 2) - M_c(\omega_0 t_T + \int_0^{t_T} \omega dt)$$

- потери энергии при торможении двигателя под нагрузкой меньше, чем вхолостую.

При динамическом торможении якорь двигателя отключен от сети и замкнут на резистор, поэтому кинетическая энергия, запасенная в массах ЭП, превращается в электрическую и выделяется в виде тепла в якорной цепи.

Потери энергии в якорной цепи при динамическом торможении вхолостую

$$\Delta A_{\text{дт0}} = \int_{\omega_0}^0 J(0 - \omega) d\omega = \int_0^{\omega_0} J\omega d\omega = \frac{J\omega_0^2}{2}$$

под нагрузкой ($M_c = \text{const}$)

$$\Delta A_{\text{дт}(M_c)} = J\omega_c^2 / 2 - M_c \int_0^{t_T} \omega dt$$

Потери энергии в якорной цепи при реверсировании без нагрузки

$$\Delta A_{p0} = \int_{\omega_0}^{-\omega_0} J(-\omega_0 - \omega) d\omega = \int_{-\omega_0}^{\omega_0} J(\omega_0 + \omega) d\omega = 2J\omega_0^2 = 4 \frac{J\omega_0^2}{2}$$

- складываются из суммы потерь энергии при торможении противовключением и пуске.

Выводы:

1. При управлении ДПТ НВ от источника под напряжением при $M_c = 0$ потери энергии не зависят от времени переходного процесса, а значит, и от формы механической характеристики двигателя, и определяются только диапазоном изменения скорости в переходном режиме.
2. В переходных процессах со статической нагрузкой на валу к мощности потерь, определяемой переходным процессом при холостом ходе, добавляется составляющая, связанная с нагрузкой.
3. Потери энергии при $M_c \neq 0$ зависят от характера статического момента и формы механической характеристики двигателя.

Вопрос 1. Какие из указанных ниже потерь в двигателе постоянного тока независимого возбуждения следует отнести к категории переменных?

1. Потери в цепи возбуждения.
2. Механические потери.
3. Дополнительные потери в стали.
4. Потери в якорной цепи.

Вопрос 2. При реостатном способе регулирования угловой скорости вращения ДПТ НВ его переменные потери:

- 1) уменьшаются с увеличением угловой скорости;
- 2) возрастают с увеличением угловой скорости;
- 3) остаются постоянными;
- 4) растут пропорционально перепаду угловых скоростей.

