

К ВОПРОСУ МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Муслимжон Шарипов Салимжон ўгли

Независимый исследователь

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим некоторые вопросы, связанные с энергетическими режимами питания постоянного тока. Электроприводы с двигателями постоянного тока выполняются, как правило, с использованием преобразователей, которые осуществляют питание обмоток якоря. При работе электрических цепей в сети переменного тока применяются все типы таких преобразователей - однофазные и трехфазные, реверсивные и нереверсивные, мостовые и управляемые по нулевой точке выпрямители.

Ключевые слова: преобразователь, двигатель, электропривода, датчик

Annotation. In this article, we will consider some issues related to the power modes of DC power supply. Electric drives with DC motors are usually performed using converters that supply power to the armature windings. When operating electrical circuits in an alternating current network, all types of such converters are used - single-phase and three-phase, reversible and non-reversible, bridge and zero-point-controlled rectifiers.

Key words: converter, motor, electric drive, sensor

Annotatsiya. Ushbu maqolada biz doimiy tok manbaining quvvat rejimlari bilan bog'liq ba'zi masalalarni ko'rib chiqamiz. DC motorli elektr yuritmalar odatda stator o'ramlarini quvvat bilan ta'minlaydigan chastota o'zgartkichlar yordamida amalga oshiriladi. O'zgaruvchan tok tarmog'ida elektr yuritmalarni ishga tushirishda bunday o'zgartkichlar barcha turlari - bir fazali va uch fazali, qaytariladigan va qaytarilmaydigan, ko'prik va nol nuqtadan boshqariladigan to'g'rilagichlardan foydalaniladi.

Kalit so'zlar: chastota o'zgartkich, motor, elektr yuritma, datchik

Электроприводы с двигателями постоянного тока обладают рядом достоинств среди которых следует отметить хорошие энергетические показатели, хорошая управляемость, возможность плавного регулирования.

Электроприводы с двигателями постоянного тока выполняются, как правило, с использованием преобразователей, которые осуществляют питание обмоток якоря. При питании электроприводов от сети переменного тока такими преобразователями являются управляемые выпрямители всех видов — однофазные и трехфазные, реверсивные и нереверсивные, мостовые и с нулевой точкой. Статические преобразователи используются также для питания обмоток возбуждения двигателей. Ниже рассмотрим некоторые вопросы, относящиеся к энергетическим режимам электропривода постоянного тока.

Минимизация выделяемых в двигателе потерь мощности может обеспечиваться за счет регулирования тока возбуждения. Рассмотрим

условия минимизации потерь мощности при следующих двух допущениях: учитываются только потери в цепях обмоток якоря и возбуждения и не учитывается насыщение магнитной цепи двигателя. При этих условиях установившийся режим работы двигателя описывается следующей системой

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{я}} + \Delta P_{\text{в}} = I_{\text{я}}^2 R_{\text{я}} + I_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \quad (1)$$

$$M = M_{\text{с}} = k\Phi I_{\text{р}} \quad (2)$$

$$\Phi = k_{\text{в}} I_{\text{в}} \quad (3)$$

где ΔP_{Σ} , $\Delta P_{\text{я}}$, $\Delta P_{\text{в}}$ — потери мощности соответственно суммарные, в цепях якоря и возбуждения;

$I_{\text{я}}$, $I_{\text{в}}$ — соответственно токи в цепях якоря и возбуждения;

$R_{\text{я}}$, $R_{\text{в}}$ — соответственно сопротивления цепей якоря и возбуждения;

M , $M_{\text{с}}$ — моменты двигателя и нагрузки (сопротивления), равные в установившемся режиме друг другу;

Φ — магнитный поток двигателя;

k — конструктивный коэффициент двигателя;

$k_{\text{в}}$ — коэффициент пропорциональности между магнитным потоком и током возбуждения.

Подстановка формул (2) и (3) в формулу (1) приводит к следующему выражению для потерь мощности ΔP_{Σ} :

$$\Delta P_{\Sigma} = M_{\text{с}}^2 R_{\text{я}} / (k k_{\text{в}}^2 I_{\text{в}})^2 + I_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \quad (4)$$

Беря производную от ΔP_{Σ} по току возбуждения $I_{\text{в}}$ и приравнявая ее нулю, находим

оптимальное значение тока возбуждения, при котором суммарные потери мощности ΔP_{Σ} минимальны:

$$I_{\text{в}}^{\text{опт}} = \sqrt[4]{M_{\text{с}}^2 R_{\text{я}} / (R_{\text{в}} k^2 k_{\text{в}}^2)} \quad (5)$$

Минимальное значение суммарных потерь мощности $P_{\Sigma}^{\text{опт}}$, соответствующее этому току возбуждения, будет равно:

$$P_{\Sigma}^{\text{опт}} = \Delta P_{\text{я}}^{\text{опт}} + \Delta P_{\text{в}}^{\text{опт}} = (M_{\text{с}} \sqrt{R_{\text{я}} R_{\text{в}}}) / (k k_{\text{в}}) + (M_{\text{с}} \sqrt{R_{\text{я}} R_{\text{в}}}) / (k k_{\text{в}}) = 2(M_{\text{с}} \sqrt{R_{\text{я}} R_{\text{в}}}) / (k k_{\text{в}})$$

Из формулы (5) следует, что суммарные потери мощности будут минимальными в том случае, когда потери мощности в цепях якоря и возбуждения будут равны друг другу.

Это положение справедливо и для других типов двигателей.

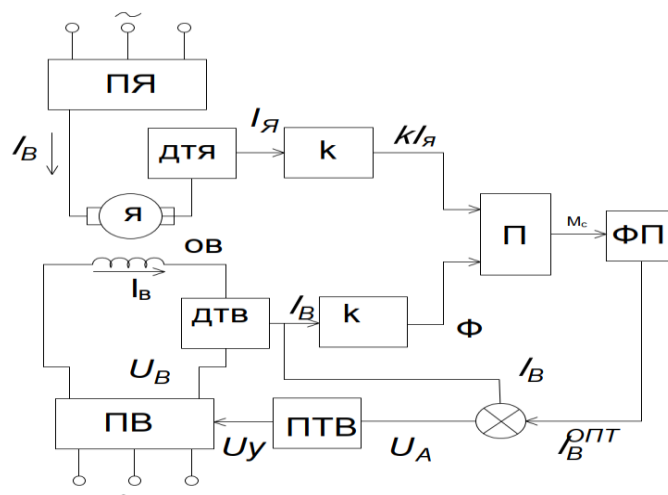


Рис. 1. Схема электропривода с двигателем постоянного тока при минимизации потерь мощности

Из формулы (6) видно, что оптимальный ток возбуждения зависит от нагрузки двигателя Л/с, т.е. должен регулироваться при ее изменении. На рис.1 показана схема электропривода, в котором осуществляется автоматическое поддержание тока возбуждения на оптимальном уровне при изменении нагрузки двигателя. При этом определение уровня нагрузки производится косвенно по измерению тока в якоре двигателя.

На схеме приняты следующие обозначения: ПЯ, ПВ — соответственно преобразователи цепей якоря и возбуждения; ДТЯ и ДТВ — соответственно датчики токов якоря и возбуждения; П — блок перемножения; ФП — функциональный преобразователь, осуществляющий расчет оптимального тока возбуждения $I_{в}$ в соответствии с формулой (5); РТВ регулятор тока возбуждения; $k_{в}$ - коэффициент передачи цепи возбуждения; я - якорь; $U_{д}$, $U_{у}$ – сигналы соответственно ошибки (рассогласования) и управления преобразователем возбуждения ПВ.

Рассмотрим пример расчета привода постоянного тока имеющий следующие номинальные данные: $P_{ном} = 19$ кВт; $n_{ном} = 1\,500$ об/мин; $U_{ном} = 220$ В; $I_{я.ном} = 103$ А; $I_{в.ном} = 2,04$ А; $R_{я} = 0,12$ Ом; $R_{в} = 77$ Ом, $\Phi_{ном} = 10,1 \cdot 10^{-3}$ Вб.

Требуется найти оптимальный ток возбуждения и соответствующие ему потери Мощности при номинальном моменте нагрузки $M_c = M_{ном}$.

1. Определяем номинальную скорость и момент двигателя:

$$\omega_{ном} = 2\pi n_{ном} / 60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1\,500 : 60 = 157 \text{ рад/с};$$

$$M_{ном} = P_{ном} / \omega_{ном} = 19000 : 157 = 121 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Используя формулу электромеханической характеристики, записанную для номинального режима, находим произведение $k\Phi_{ном}$:

$$k\Phi_{ном} = (U_{ном} - I_{ном} R_{я}) / \omega_{ном} = (220 - 103 \cdot 0,12) : 157 = 1,32 \text{ В} \cdot \text{с}.$$

3. Определяем конструктивный коэффициент k и коэффициент $k_{в}$:

$$k = k\Phi_{\text{ном}}/\Phi_{\text{ном}} = 1,32: (10,1 \cdot 10^{-3}) = 130,7;$$

$$k = \Phi_{\text{ном}}/ I_{\text{в.ном}} = 10,1 \cdot 10^{-3}: 2,07 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Вб/А.}$$

4. По формуле (3.14) находим оптимальный ток возбуждения:

$$I_{\text{в}}^{\text{опт}} = \sqrt[4]{M_{\text{с}}^2 R_{\text{я}} / (R_{\text{в}} k^2 k_{\text{в}}^2)} = \sqrt[4]{(121^2 \cdot 0,12) : (77(130,7 \cdot 5 \cdot 10^{-3})^2)} = 2,7 \text{ А.}$$

5. Находим по формуле (3.15) суммарные потери мощности при этом токе возбуждения:

$$P_{\Sigma}^{\text{опт}} = 2(M_{\text{с}} \sqrt{R_{\text{я}} R_{\text{в}}}) / (k k_{\text{в}}) = 2(121 \sqrt{0,12 \cdot 77}) : (130,7 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) = 1126 \text{ Вт.}$$

6. Для сопоставления определим эти же потери при номинальном токе:

$$\Delta P_{\Sigma} = I_{\text{я.ном}}^2 R_{\text{я}} + I_{\text{в.ном}}^2 R_{\text{в}} = 103^2 \cdot 0,12 + 2,04^2 \cdot 77 = 1593 \text{ Вт}$$

Таким образом, снижение потерь составляет примерно 30%.

Минимизация потерь при использовании такого подхода возможна при ненасыщенной магнитной цепи двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов М.В. Определение параметров фильтрующих устройств для обеспечения электромагнитной совместимости электроприводов // Электротехника. – 1999.
2. Барский В.А. и др. Создание серии IGBT преобразователей частоты для регулируемых асинхронных электроприводов // Электротехника. – 1999. – № 7. – С. 38–41.
3. Браславский И.Я. О возможностях энергосбережения при использовании регулируемых асинхронных электроприводов // Электротехника. – 1998. – № 8. – С. 2–5.
4. Галанов В.И. и др. Современные мощные полупроводниковые приборы и их функциональные особенности // Электротехника. – 1998. – № 3. – С. 48–52.
5. ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
6. Изосимов Д.Б., Козаченко В.Ф. Алгоритмы и системы цифрового управления электроприводами переменного тока // Электротехника. – 1999. – № 4. – С. 41–51. 7. Ильинский Н.Ф. Перспективы применения вентильноиндукторного привода в современных технологиях // Электротехника. – 1997. – № 2. – С. 1–3.
7. Калашников Б.Е. Опыт разработки и внедрения IGBT-инверторов для асинхронного электропривода // Электротехника. – 1998. – № 7. – С. 24–31. 9. Луговой А.В. Итоги научно-производственного семинара «Проблемы энергосбережения в промышленности» // Проблемы создания новых машин и технологий: научные труды КГПИ. – Кременчуг, 1998. – Вып. 2. 10. Луговой А.В. К теории энергосбережения средствами промышленного электропривода // Электротехника. – 1999. – № 5. – С. 62–67.