УДК 622:62-182.2:621.313.32:629.1.014:62-544

***Е.В.ТАТАРЕНКОВ*[1], *Д.А.УСТИНОВ*[2]**
[1] Горно-электромеханический факультет,
студент группы ЭР-98-1, ассистент профессора
[2] Горно-электромеханический факультет,
аспирант кафедры электротехники и электромеханики

УПРАВЛЕНИЕ СИНХРОННЫМИ ПРИВОДАМИ СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК В ПРОЦЕССЕ ПУСКА

Показана необходимость формирования заданных пусковых характеристик стационарных установок горных предприятий с синхронным приводом средней и большой мощности. Рассмотрен синхронный двигатель с системой возбуждения с двухсторонним преобразователем. Такая система возбуждения отвечает техническим требованиям, предъявляемым к рассматриваемым типам приводов. При пуске и самозапуске двигателя двухсторонний преобразователь используется как инвертор, а при синхронной работе – как управляемый выпрямитель. При этом режим его работы зависит от уровня напряжения в питающей сети и значения тока, индуктированного в обмотке возбуждения двигателя. Представляется необходимым рассмотреть вопросы устойчивой работы двухстороннего преобразователя в инверторном режиме и исследовать пусковые характеристики двигателя с данной системой с целью получения соответствующих аналитических зависимостей и методик расчета.

Получены идеализированные зависимости максимального значения инвертируемого тока от углов регулирования и коммутации, а также параметров силового трансформатора. При анализе этих зависимостей определено, что в реальных условиях максимальное значение угла регулирования при одних и тех же параметрах силового трансформатора и величина тока i_f получается меньше, чем в идеализированных.

A necessity to form designed starting characteristics of stationary units of mining companies that have synchronous drive of average and high power is described herein. A synchronous motor with the system of excitation with a bilateral transducer is considered. The given excitation system conform to the engineering requirements made of by the drive types involved. While starting and self-starting the motor, the bilateral transducer is used as an inverter, whereas during synchronous operation it is utilized as a controlled rectifier, its operation conditions depending upon the magnitude (or level) of voltage in the supply mains and current value, induced into the motor excitation winding. It is assumed necessary to consider the problems of stable operation of the bilateral transducer characteristics with the use of this system aimed at obtaining corresponding analytic dependences and design procedures.

Idealized dependences of the maximum value of inverted current resulting from the angles between control and commutation have been obtained as well as those of power transformer parameters. While analyzing the dependences concerned, it has been defined, that under practical conditions the maximum angle value of control with the same power transformer parameters, and the current value i_f appears to be less than in the idealized ones.

Необходимость формирования заданных пусковых характеристик стационарных установок горных предприятий с синхронным приводом средней и большой мощности обусловлена требованиями, предъявляемыми к качеству электрической энергии в соответствии с ГОСТ 13109-97, условиями технологического процесса данного предприятия и особенностями самой установки. На сегодняшний день широкое распространение получил асинхронный способ пуска синхронных двигателей (СД) с подачей возбуждения после достижения подсинхронной скорости. Контроль достижения ротором СД подсинхронной скорости осуществляется по величине тока статора (пуск по току статора), скольжения (пуск в функции скольжения) или комбинацией указанных параметров. В первом случае осуществляется блокировка импульсов управления при скольжении, превышающем критическое значение; разрешение на включение возбуждения поступает только

тогда, когда ток статора двигателя снижается до 1,5-2 номинального значения. Во втором случае напряжение на обмотку возбуждения начнет подаваться, когда скольжение двигателя достигнет значения 0,05. Оба эти способа не могут обеспечить оптимальный момент включения обмотки возбуждения.

Рассмотрим СД с системой возбуждения с двухсторонним преобразователем. Такая система отвечает техническим требованиям, предъявляемым к синхронным приводам средней и большой мощности. Отличительная особенность данной системы состоит в том, что при пуске и самозапуске двигателя двухсторонний преобразователь используется как инвертор, а при синхронной работе – как управляемый выпрямитель. При этом режим работы его зависит от уровня напряжения в питающей сети и величины тока, индуктированного в обмотке возбуждения двигателя. Поэтому представляется необходимым рассмотреть вопросы устойчивой работы двухстороннего преобразователя в инверторном режиме и исследовать пусковые характеристики двигателя с данной системой с целью получения соответствующих аналитических зависимостей и методик расчета.

Предельное значение угла регулирования в инверторном режиме должно выбираться из условия устойчивой работы двухстороннего преобразователя. При этом необходимо учитывать параметры двигателя, возбудителя и устройства управления.

Рассмотрим соотношения между углом регулирования α и током в цепи обмотки возбуждения i_f, приняв следующие допущения: в открытом состоянии падение напряжения на вентилях по величине мало и постоянно; в закрытом состоянии сопротивление вентилей бесконечно велико; угол коммутации $\gamma \le 60$ эл. град.; фазные напряжения силового трансформатора симметричны; устройство управления обеспечивает подачу строго симметричных импульсов; угол выключения вентилей равен нулю; во время коммутации ток i_f не изменяется.

Расчетные схемы замещения для определения углов регулирования, при которых обеспечивается устойчивая работа, для нулевой и мостовой трехфазных схем преобразователя приведены на рис.1.

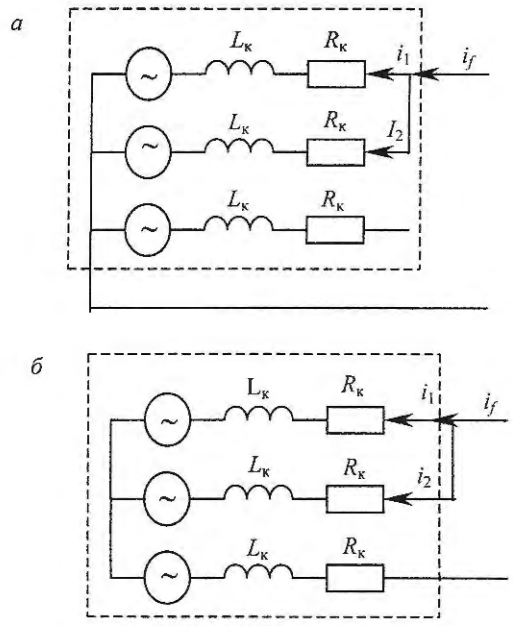


Рис.1. Расчетные схемы для определения предельных значений углов регулирования: *а* – преобразователь выполнен по трехфазной нулевой схеме; *б* – преобразователь выполнен по трехфазной мостовой схеме

Уравнение для тока, вступающего в работу вентиля, с учетом активного сопротивления контура коммутации и при произведении необходимых преобразований имеет вид (в относительных единицах)

$$i^*_{f.\max} = \frac{\sin(\alpha + \gamma_{\max})}{\cos\varphi_к}, \qquad (1)$$

где $\varphi_k = \operatorname{arctg}(\omega L_к / R_к)$ – фазовый угол контура коммутации.

При $\varphi_к = \pi/2$ и полагая, что $\alpha + \gamma_{\max} = \pi$, получим

$$i^*_{f.\max} = \frac{1+\cos\alpha}{2}. \qquad (2)$$

Предельный угол регулирования, при котором обеспечивается устойчивая работа преобразователя с током $i^*_{f.\max}$, в соответствии с уравнением (1) должен удовлетворять уравнению

$$\alpha = \pi - (\gamma_{\max} + \Psi_{\max}), \qquad (3)$$

где $\Psi_{\max} = \arcsin(i^*_{f.\max}\cos\varphi_к)$ – угол, отсчитываемый от точки пересечения напряжения

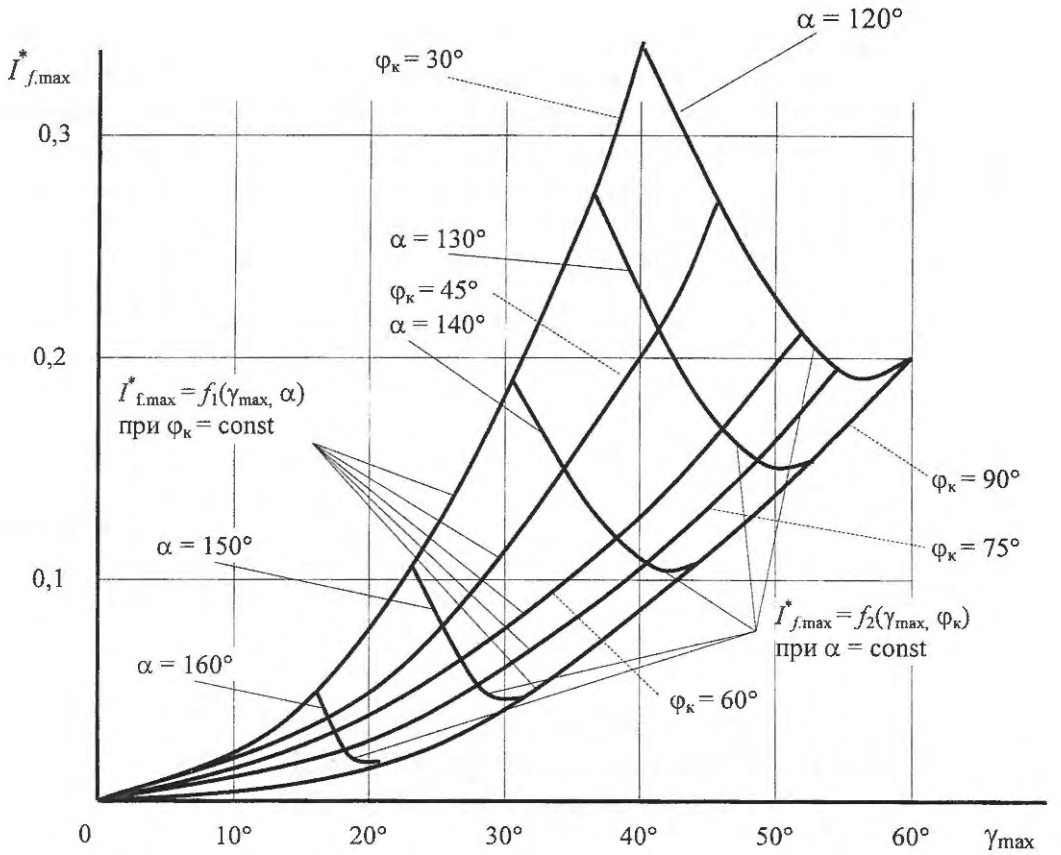


Рис.2. Идеализированные зависимости максимального значения инвертируемого тока от углов регулирования и коммутации и параметров силового трансформатора

u_f и напряжения вышедшей из работы фазы до точки пересечения фазных напряжений. Угол ψ_{max} обусловлен влиянием сопротивления $R_к$.

Решение уравнений (1) и (3) по определению предельных значений углов регулирования в инверторном режиме производилось на ЭВМ. Результаты расчетов приведены на рис.2 в виде семейств кривых $i^*_{f.max} = f_1(\gamma_{max}, \alpha)$ при $\varphi_к = \text{const}$ и $i^*_{f.max} = f_2(\gamma_{max}, \alpha)$ при $\alpha = \text{const}$. Эти кривые позволяют найти предельное значение угла α и соответствующий ему γ_{max} при заданных $i^*_{f.max}$ и $\varphi_к$.

В литературе при определении угла γ обычно пренебрегают активным сопротивлением контура коммутации. Это допущение достаточно справедливо для трансформаторов большой мощности с $\omega L_к / R_к \geq 8 \div 10$, но является неприемлемым для трансформаторов малой и средней мощности, у которых величина $\omega L_к / R_к$ может приближаться к единице.

При анализе зависимостей рис.2 определено, что в реальных условиях максимальное значение угла регулирования α при одних и тех же параметрах силового трансформатора Тр и величина тока i_f получаются меньше, чем в идеализированных условиях.

Следует заметить, что эта методика расчета углов регулирования и коммутации пригодна не только для режима пуска синхронных двигателей, но и в общем случае инверторных режимов преобразователей.

При нарушении инверторного режима в преобразователе на встречно-параллельно-включенных тиристорах нет необходимости блокировать управляющие импульсы, но устройство управления не должно допускать включения вентилей группы противоположной полярности. Если преобразователь выполнен на симметричных вентилях, для исключения возможности междуфазного

короткого замыкания управляющие импульсы должны быть немедленно блокированы. При наличии тока в обмотке возбуждения подача управляющих импульсов может быть возобновлена после восстановления в сети расчетного значения напряжения в интервале $2\pi \le \omega t \le (8\pi/3)$; при отсутствии тока – в том же интервале времени, когда напряжение u_f, будучи направленным навстречу э.д.с. вторичных обмоток трансформатора Тр, превышает по абсолютной величине мгновенное значение соответствующей э.д.с. Отсчет углов ведется с момента подачи последнего управляющего импульса.

Научный руководитель профессор, д.т.н. *Б.Н.Абрамович*

УДК 622.234.5

И.А.ЧИЛИКИН
Горно-электромеханический факультет,
студент группы ГМ-98, ассистент профессора

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГИДРОТРАНСПОРТА С ПОГРУЖНОЙ КАПСУЛОЙ

Рассмотрена система гидротранспорта при подводной разработке твердых полезных ископаемых, которая состоит из двух частей:

– горизонтального трубопровода;

– вертикального трубопровода.

Представлен также наиболее сложный участок вертикального гидравлического транспорта.

Работа системы вертикального гидротранспорта заключается в двухстадийном процессе подъема гидросмеси полезного ископаемого от придонного зумпфа до плавсредства. На первом участке – от придонного зумпфа до погружной капсулы – подъем осуществляется за счет разности между гидростатическим давлением на глубине погружения капсулы и атмосферным давлением.

Приведены расчетные формулы для определения оптимальной глубины погружения капсулы в зависимости от глубины подводного месторождения, концентрации твердого материала в объеме гидросмеси, производительности системы и других характеристик.

Адекватность теоретических формул должна быть подтверждена результатами экспериментов, что является предметом дальнейших исследований.

The hydrotransport system to be used for solid mineral resources submarine mining has been considered.

It comprises:

– the horizontal pipe-line;

– the vertical pipe-line.

The most complicated vertical hydrotransport section is shown herein as well.

The vertical hydrotransport system operation consists in a two-stage process of hoisting mineral matter slurry from the floor sump to the craft. At the first point, from the floor sump to the submerged capsule, hoisting is carried out by the difference between hydrostatic pressure at the submersion depth of the capsule and atmospheric pressure.

Design formulae to determine the optimum depth of submerging the capsule, depending on the submarine deposit depth, the solid material concentration in the slurry volume, the capacity of the system and other characteristics are listed too.

The adequacy of theoretical formulae is to be given by experimental verification, the latter being the subject for further investigations.