

Ж.Д. ДАВИДЯН

ИМПУЛЬСНЫЙ ПУСК МОЩНЫХ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Առաջարկված է, եզր սինխրոն շարժիչների խմբուսային թողարկման ԱԷ Դժվարագրված է հաշվարկի մեթոդը: Բերված են խմբուսային թողարկման բնութագրերը:

Предложен способ импульсного пуска мощных синхронных двигателей. Описан метод расчета. Приведены характеристики импульсного пуска.

Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

Impulse start process of powerful synchronous engines is proposed. The method of calculation is described. Impulse start characteristics are given.

Ил. 3. Ref. 4.

Управляемый пуск мощных синхронных двигателей является важной научно-технической проблемой, и от ее рационального решения в значительной степени зависит возможность и технико-экономическая целесообразность использования мощных синхронных двигателей.

Существующие способы пуска мощных синхронных двигателей имеют заметные недостатки:

- асинхронный пуск вызывает многократные электрические, механические и тепловые перегрузки, опасные для целостности машины и сетевой аппаратуры;

- частотный пуск или пуск в режиме вентильного двигателя требуют использования сложных, материалоемких и дорогих тиристорных преобразователей частоты со звеном постоянного тока.

Разработаны принципиально новый способ и устройства импульсного пуска синхронных машин, обладающих заметными преимуществами перед существующими системами пуска [1,2].

Импульсный пуск синхронной машины выполняется следующим образом. Фазы обмотки якоря синхронной машины соединяются непосредственно с сетью переменного тока через пары тиристоров (тиристорный коммутатор). Отпирающие импульсы тиристоров формируются в системе импульсно-фазового управления. Система управления соединена синхронизирующими связями с сетью и с датчиком положения ротора. Индуктор синхронной машины возбуждается постоянным током (рис.1а). При пуске в обмотку якоря возбужденной машины непосредственно от сети через открывающиеся тиристоры пропускаются единичные импульсы тока, которые синхронизированы с положением ротора. Эти импульсы тока, взаимодействуя с потоком возбуждения ротора, создают импульсы вращающего момента. Когда средний вращающий момент серии импульсов превышает момент сопротивления нагрузки, то ротор приобретает ускорение. Параметры импульсов (длительность, площадь, положение, скважность) плавно регулируются изменением

фазы отпирающих импульсов тиристоров. Тем самым регулируется величина якорного тока и вращающего момента. Пуск полностью управляем.

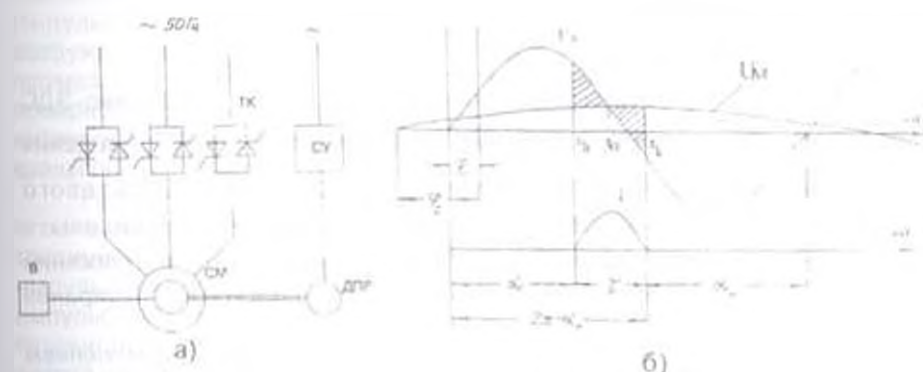


Рис. 1 а - схема импульсного пуска синхронной машины СМ - синхронная машина В - независимый машинный или статический возбудитель, ТК - тиристорный коммутатор, СУ - система управления, ДПР - датчик положения ротора б - диаграмма напряжений и тока в обмотке якоря

В цепи, образованной фазой сети, открытым тиристором и фазой обмотки якоря, действует разность напряжения сети U_n с угловой частотой ω_n и напряжения противо-ЭДС машины U_m с угловой частотой вращения ω (рис.1б). Направление тока (полярность) импульсов в фазе обмотки якоря определяется положением ротора в соответствии с сигналами датчика положения ротора. Эти сигналы разрешают включение тиристоров соответствующей группы тиристорного коммутатора (анодной или катодной) так, чтобы импульс данного направления создавал положительный вращающий момент. Отпирающие импульсы тиристоров подаются на управляющие электроды в определенные моменты времени с определенной фазой - углом управления α относительно нулевой фазы напряжения сети U_n . В момент подачи отпирающего импульса при положительном анодном напряжении тиристор открывается, и в цепи протекает ток. Поскольку в указанном контуре действует переменное напряжение - разность напряжения сети и противо-ЭДС машины, то ток имеет импульсный характер (рис.1)

В момент времени t_1 , когда ток импульса спадает до нулевого значения, происходит естественная коммутация - тиристор запыряется напряжением сети. Ток импульса имеет однополярный характер.

В общем случае наличия противо-ЭДС U_m (средний и завершающий этапы пуска) и произвольного пространственно-временного положения ротора ток импульса выражается в виде

$$i = \frac{U_{sm}}{\omega(L_s + L_m)} [\cos \alpha - \cos(\omega t + \varphi_1)] - \frac{U_{Mm}}{\omega_p(L_s + L_m)} \left[\cos\left(\frac{\omega_p}{\omega} \alpha + \varphi_2\right) - \cos(\omega_p t + \varphi_2) \right]$$

где U_{sm} , U_{Mm} - амплитуды напряжений сети и противо-ЭДС машины; ω , ω_p - угловые частоты напряжения сети и вращения ротора; L_s , L_m - индуктивности фазы сети (сетового трансформатора) и фазы машины (для явнополюсной машины - функция положения ротора); φ_1, φ_2 - начальные фазы напряжений сети и противо-ЭДС машины; α - угол управления (угол отпирания тиристоров).

Как следует из выражения для импульсного тока, изменением угла управления α можно регулировать длительность импульса тока, амплитуду импульса, его площадь, соответственно среднее значение тока в обмотке якоря и величину создаваемого импульсом момента, а также величину напряжения, подаваемого на обмотку статора.

Таким образом, угол управления α является управляющим параметром, изменением которого можно плавно регулировать величину якорного тока и вращающего момента.

Функция момента импульса определяется в виде

$$M_i(t) = C i_i(t) \Phi \sin \gamma(t),$$

где C - конструктивная постоянная машины; $i_i(t)$ - функция тока импульса; Φ - поток возбуждения; $\gamma(t)$ - угловое положение ротора, выраженное углом между осью полюса индуктора и плоскостью эквивалентного витка обмотки якоря.

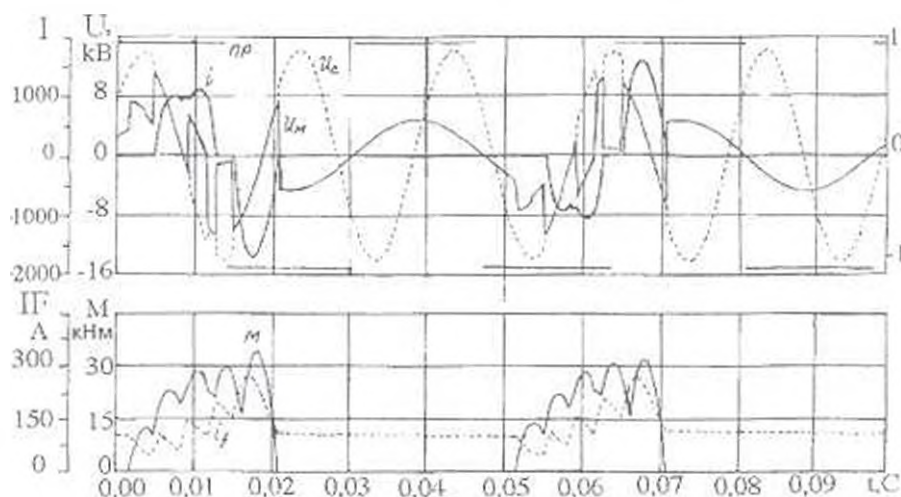


Рис. 2. График мгновенных значений параметров при импульсном пуске синхронного двигателя типа СТД-12500 мощностью 12,5 МВт

Показан процесс образования импульсов при пуске с использованием всех трех фаз машины при промежуточной частоте вращения 30 Гц (рис. 2). На графиках показаны импульсы тока в линейной цепи, где суммируются токи смежных фаз машины. Импульсы момента создаются от взаимодействия с потоком возбуждения импульсов тока всех фаз машины. В определенные промежутки времени прохождение импульсов запрещается, т.к. полярность их не соответствует полярности полюса на данном интервале. Все импульсы тока создают импульсы положительного вращающего момента.

Разработанный способ импульсного пуска и реализованные на его основе устройства пуска принципиально отличны от традиционных способов и устройств непрерывного управления. При импульсном пуске вращение ротора создается в результате импульсного взаимодействия потоков обмоток якоря и индуктора, независимо по фазам и по времени, а не в результате вращения потока якоря и "зацепления" возбужденного индуктора, как это имеет место при традиционных способах пуска. Следовательно, исключается необходимость создания в машине вращающегося поля и, соответственно, использования источников трехфазной системы напряжений регулируемой частоты и амплитуды - тиристорных преобразователей со звеном постоянного тока и с двукратным преобразованием энергии.

При указанном способе создания вращающего момента система приобретает следующие новые свойства и преимущества:

1. Для формирования импульсов тока выполняется непосредственное соединение фазы машины с фазой сети через тиристоры.

2. Обеспечивается естественная коммутация тиристоров напряжением сети во всех режимах работы машины, в том числе при неподвижном роторе и малых частотах вращения в начале пуска.

3. Величина напряжения, приложенного к обмотке якоря, и величина тока импульса и момента регулируются в широких пределах посредством угла управления.

Импульсный характер токов и моментов вызывает определенные недостатки импульсного пуска по сравнению с синхронным пуском:

1. Якорная обмотка машины и тиристоры нагружаются импульсным током, поэтому действующие значения токов при импульсном пуске выше, чем при непрерывном частотном пуске.

2. Имеет место более выраженная пульсация вращающего момента, вызванная импульсным характером процесса.

В [3] разработаны метод и программа расчета и исследований системы импульсного пуска синхронных машин на основе метода анализа электромашинно-вентильных систем (ЭМВС) и программно-аналитического комплекса [4]. Предложены аппарат математического моделирования и программный комплекс с применением численных методов решения нелинейных дифференциальных уравнений, что позволяет свести разработку математических моделей ЭМВС к последовательности преобразований функций и уравнений по сформулированным типовым алгоритмам.

Это дает возможность в процессе проектирования и исследования систем импульсного пуска определять статические, динамические характеристики пуска, а также характеристики переходных электрических и электромеханических процессов.

Приведены статические механические характеристики создаваемого среднего вращающего момента, действующих значений токов в обмотке якоря в зависимости от частоты вращения с различными углами управления при импульсном пуске синхронного двигателя типа СТД-800 мощностью 800 кВт, 3000 об/мин (рис. 3).

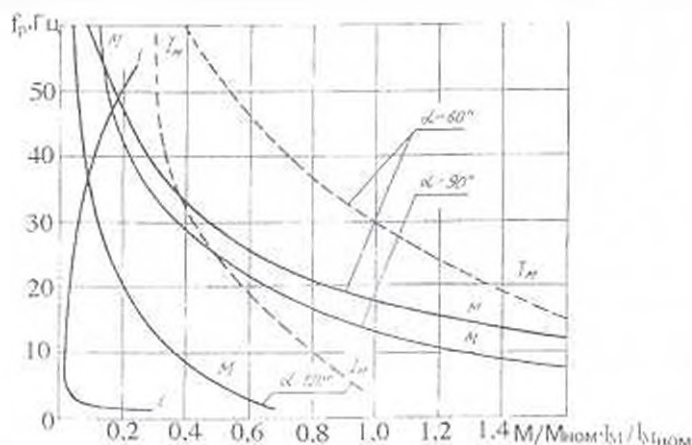


Рис. 3. Статические характеристики моментов и токов якоря при импульсном пуске синхронного двигателя типа СТД-800 мощностью 800 кВт.

M - вращающие моменты, I_M - момент сопротивления нагрузки, I_M - токи якоря

Система импульсного пуска по сравнению с традиционными системами тиристорного частотного пуска имеет меньший состав силового оборудования, массо-габаритные характеристики которого и стоимость ~ в 2...3 раза меньше.

На основе проведенных исследований во ВНИИЭлектромаш (г. С.-Петербург) разработаны опытные образцы устройств импульсного пуска ряда синхронных машин, а также выполнены расчеты и проектные разработки систем импульсного пуска мощных синхронных двигателей для ряда объектов и промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1131002 СССР, Н 02Р 1/50 Устройство для пуска синхронной машины / Ж.Д. Давидян, Г.Н.Тер-Газарян (СССР). - 1984. - Бюл. № 47. - 3 с.
2. Овчинников И.Е., Тер-Газарян Г.Н., Давидян Ж.Д., Рябов В. Способ импульсного пуска синхронных машин // Электротехника. - 1987. - № 3. - С. 33-36.
3. Давидян Ж.Д., Плахтына Е.Г., Полюга Л.Н. Исследование алгоритмов и статических характеристик импульсного пуска синхронной машины на

математической модели с помощью программно-вычислительного комплекса / Техническая электродинамика. - Киев, 1991. - № 1. - С.

4. Плехтына Е.Г. Математическое моделирование электромашино-механических систем. - Львов: Вища школа, 1986. - 164 с.

ГИУА

10.04.1998

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. LI, № 2, 1998, с. 195-202.

УДК 621.315.2

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А.А. КАРАПЕТЯН, Ж.М. МИРЗАБЕКЯН

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ КАБЕЛЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ЖИЛАМИ БЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Ծառադրվում են առանց մետաղալարն օղակալող լուղաշինող փոխան ձևերով եռաֆազ կաբելի էլեկտրական լարվածության որոշման մեթոդը ու տեսությունը և համեմատվում ուղղվում է մետաղական պատյանով տեղադրված կոնց. սղերի հետ: Մեթոդը ինտեգրալորոշում է առանց որոշելու մեկուսացված ֆազերի լարվածության կախումը նրանից մինչև եղանակաչափը:

Излагаются теория и метод определения напряженности электрического поля параллельно расположенных жил трехфазного кабеля без металлической оболочки. Проводится их сравнение с тремя скрученными и расположенными в металлической оболочке жилами. Метод дает возможность определить зависимость напряженности изолированных фаз от расстояния между ними

Ил.4. Библиогр.: 3 назв.

The theory and method of definition for electrical field intensity in three-phase cable with parallel located phases and without a metallic jacket is proposed. The method gives an opportunity to define the dependence of isolated phase intensity on the distance between them.

Ил. 4, Ref. 3.

В кабелях с металлической оболочкой часто происходят межфазовые короткие замыкания, приводящие к прекращению энергоснабжения. Причиной коротких замыканий являются также блуждающие токи, которые создают цепь с металлической оболочкой и со временем разрушают ее. Учитывая, что себестоимость металлических оболочек, особенно свинцовой, очень высокая, создается настоятельная потребность для нахождения такого типа и такого расположения фаз кабелей, который будет свободен от перечисленных недостатков.

Целью настоящей работы является разработка метода определения напряженности электрического поля параллельно расположенных жил трехфазного кабеля без металлической оболочки. Показаны параллельно расположенные три отдельно изолированные жилы (рис.1), которые находятся друг от друга на