

A1

(5) 4 H 02 P 3/22

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

Ф. 42.1

(19) SU (11) 1339850 A7

Изобретение относится к электротехнике, в частности к частотно-регулируемым электроприводам, и может быть использовано в различных отраслях промышленности химической, горнодобывающей, металлургической и других — для торможения частотно-регулируемых электроприводов без устройств рекуперации энергии в сеть

Целью изобретения является повышение эффективности торможения частотно-регулируемого электропривода при уменьшении установленной емкости силового фильтра преобразователя частоты.

На фиг. 1 приведена функциональная схема устройства для торможения частотно-регулируемого электропривода; на фиг. 2 — временные диаграммы работы

Устройство для торможения частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя 1 содержит инвертор 2, связанный своими входами через силовой фильтр 3 с выходом нереверсивного управляемого выпрямителя 4, а выходом — с асинхронным электродвигателем 1, широтно-импульсный прерыватель 5 тока, посредством которого тормозной резистор 6 подсоединен к входу инвертора 2. Вход широтно-импульсного прерывателя 5 соединен с выходом блока 7 регулирования. Устройство содержит также систему 8 управления выпрямителем 4 и систему 9 управления инвертором 2, снабженную выходами 10 и подключенную к датчику 11 частоты, импульсно-аналоговый преобразователь 12. При этом широтно-импульсный прерыватель 5 подсоединен вторым входом непосредственно, а третьим входом через импульсно-аналоговый преобразователь 12 к соответствующему выходу системы управления инвертором 9. Вход системы 8 управления выпрямителем 4 подключен к выходу блока 7 регулирования. Широтно-импульсный прерыватель 5 тока тормозного резистора 6 содержит последовательно подключенный силовой ключ 13, связанный своим управляющим входом через компаратор 14 с одним из входов генератора 15 пилообразного напряжения, при этом второй вход компаратора 14, первый и второй входы генератора 15 пилообразного напряжения являются соответственно первым, вторым и третьим входами широтно-импульсного прерывателя 5, а вторые выводы тормозного резистора 6 и силового ключа 13 являются выходами широтно-импульсного прерывателя 5 тока тормозного резистора 6.

На фиг. 2 приведены сравнительные временные диаграммы работы предлагаемого и известного устройств, где U_a , I_a — фазные напряжения и ток электродвигателя 1; T , T' — диаграмма включения широтно-импульсного прерывателя 5 соответственно в предлагаемом и известном устройствах U_c , i_n и U_c' , i_n' — напряжение на конденсаторе C силового фильтра 3 и входной ток инвертора 2 соответственно в предлагаемом и известном

устройствах; U_7 , U_{15} — выходные сигналы соответственно блока 7 регулирования и генератора 15 пилообразного напряжения; U_9 — выходной сигнал системы 9 управления инвертором 2.

Устройство работает следующим образом.

Командой на режим торможения частотно-регулируемого электропривода является изменение на положительную полярность выходного сигнала блока 7 регулирования, в качестве выходного регулятора которого, могут использоваться регуляторы напряжения, тока ЭДС или частоты вращения, применяемые в унифицированных системах подчиненного регулирования. При изменении на положительную полярность выходного сигнала блока 7 регулирования нереверсивный выпрямитель 4 путем воздействия на систему 8 управления выпрямителем 4 переводится в инверторную зону углов управления, находится и удерживается в непроводящем состоянии. При этом датчик 11 частоты уменьшает выходную частоту инвертора до значения, при котором частота становится меньше частоты вращения ротора электродвигателя.

Накопленная приводом кинематическая энергия переводит возбужденный магнитным полем асинхронный электродвигатель 1 в генераторный режим. Вследствие этого генерируемая электродвигателем 1 электрическая энергия через основные тиристоры и диоды обратного моста инвертора 2 поступает в звено постоянного тока, где накапливается на конденсаторе C силового фильтра 3 и рассеивается в виде электрических потерь на тормозном резисторе 6, подключенном к входу инвертора посредством силового ключа 13.

С целью регулирования интенсивности темпа торможения электропривода (за счет воздействия на величину средней мощности рассеивания электрических потерь в тормозном резисторе 6) подключение тормозного резистора 6 осуществляется широтно-импульсным способом с помощью широтно-импульсного прерывателя 5. В широтно-импульсном прерывателе 5 совмещаются функции широтного и фазового управления включением тормозного резистора 6. На первый вход генератора 15 пилообразного напряжения поступают с второго выхода системы 9 управления узкие импульсы U_9 шестикратной (по отношению к выходной) частоты, совпадающие по времени с моментами включения основных тириستоров инвертора 2. Указанные импульсы U_9 синхронизируют работу генератора 15 пилообразного напряжения, в котором заряд интегрирующего элемента (в интервале времени между соседними импульсами U_9) осуществляется от аналогового сигнала, поступающего с выхода импульсно-аналогового преобразователя 12 и пропорционального выходной частоте электропривода. Выходной пилообразный

сигнал U_{15} генератора 15 своим началом и окончанием связан с моментами переключения основных тириستоров инвертора 2, а амплитуда сигнала U_{15} остается неизменной при различных значениях выходной частоты. На компараторе 14 осуществляется сравнение амплитуд «опорной» пилы U_{15} и управляющего сигнала U_7 , поступающего с выхода блока 7 регулирования. При увеличении амплитуды выходного сигнала U_7 блока 7 регулирования увеличивается скважность выходных импульсов T компаратора 14, а следовательно, и скважность подключения (посредством силового ключа 13) тормозного резистора 6. Таким образом, осуществляется широтно-импульсное регулирование времени включения тормозного резистора 8, а значит средней мощности электрических потерь, рассеиваемых на тормозном резисторе.

Фазовое управление включением тормозного резистора заключается в том, что, изменяя свою длительность при широтно-импульсном регулировании, импульсы T управления силовым ключом 13 широтно-импульсного прерывателя 5, расширяясь вправо, сохраняют определенное фазовое положение t_0 фронта начала импульса (совпадающее с моментом времени включения основных тиристоров инвертора 2). В результате использования дополнительного фазового управления широтно-импульсным прерывателем 5 в предлагаемом устройстве обеспечивается исключение неблагоприятной зоны включения тормозного резистора (в частности, интервала времени $t_1 - t_2$, фиг. 2). Это достигается посредством определенного фазового формирования импульсов управления, связанных передними фронтами с фронтами импульсов переключения основных тиристоров инвертора, и ограничения максимальной длительности указанных импульсов управления на уровне $t_0 - t_1$. Последнее обеспечивается соответствующим ограничением максимального значения выходного сигнала U_7 блока 7 регулирования (на уровне U_7).

Задатчик 11 частоты в режиме инверторного торможения частотно-регулируемого электропривода (т. е. с рассеиванием ранее накопленной кинетической энергии привода на тормозном резисторе), воздействуя на систему 9 управления инвертором 2, задает такое текущее значение выходной частоты напряжения инвертора 2, при котором поддерживается на заданном (обычно равном номинальному значению) уровне магнитное потокосцепление Φ двигателя. В качестве примера технической реализации задатчика 11 частоты можно привести его выполнение в виде последовательно соединенных элементов: датчика ЭДС электродвигателя и задающего генератора, выход последнего является выходом задатчика частоты. В этом случае выходная частота f электропривода задается пропорционально фактической ЭДС

электродвигателя, что означает реализацию закона частотного управления: $ЭДС/f = \text{const} = \Phi$. Стабилизация в переходных режимах торможения магнитного возбуждения электродвигателя на уровне номинального значения способствует развитию электродвигателем максимальных значений перегрузочного тормозного электромагнитного момента. За счет исключения неблагоприятной зоны подключения тормозного резистора (интервал времени $t_1 - t_2$, фиг. 2), характеризующейся провалами электромагнитного тормозного момента и увеличением пульсаций напряжения на конденсаторе силового фильтра, стабилизируются мгновенные значения тормозного электромагнитного момента двигателя и снижаются пульсации на конденсаторе силового фильтра в режиме торможения электропривода. В результате использования благоприятных зон подключения тормозного резистора (в периоде выходного напряжения) и применения дополнительной стабилизации магнитного потокосцепления электродвигателя в режиме торможения (с помощью задатчика 11 частоты) в предлагаемом техническом решении обеспечиваются увеличение среднего значения тормозного момента электродвигателя и устойчивый (т. е. без срывов) режим инверторного торможения электропривода в широком диапазоне частот и нагрузок с нормируемым значением электромагнитного момента в функции сигнала управления.

Возможность нормирования среднего значения тормозного электромагнитного момента электродвигателя от сигнала управления (т. е. от выходного сигнала блока 7 регулирования) при неизменной величине напряжения на силовом фильтре (или на входе инвертора) обусловлена повторяемостью и фазовой однозначностью расположения в межкоммутационный период инвертора, равенствами амплитуды и скважности тока, протекающего (в процессе возвращения энергии от двигателя через инвертор) в тормозной резистор. Вследствие нормирования амплитуды опорной пилы U_{15} генератора 15 заданному неизменному сигналу управления U_7 соответствует неизменная скважность подключения тормозного резистора на различных выходных частотах инвертора. Однако вследствие изменения (с изменением выходной частоты) напряжения на силовом фильтре примерно пропорционально с указанным напряжением изменяются амплитуда тока, протекающего через тормозной резистор, и, следовательно, среднее значение тормозного электромагнитного момента, развиваемого электродвигателем.

При необходимости в предлагаемом устройстве нормирования среднего значения электромагнитного тормозного момента при изменении напряжения на входе инвертора в широких пределах используется извест-

ное выполнение блока 7 регулирования (в частности, введением в него блока деления выходного сигнала U_7 на сигнал, пропорциональный напряжению на входе инвертора, измеренный на силовом фильтре). Таким образом в предлагаемом устройстве может быть достигнута нормируемость среднего значения электромагнитного тормозного момента электродвигателя в функции сигнала управления независимо от изменения напряжения на входе инвертора и изменения частоты вращения двигателя.

В результате торможения частота вращения электродвигателя 1 достигает заданного установившегося значения, при этом выходной сигнал блока 7 регулирования изменяет полярность на отрицательную, а задатчик 11 частоты задает неизменное значение новой установившейся частоты инвертора. При этом на входах компаратора 14 широтно-импульсного прерывателя 5 амплитуда выходного сигнала U_{15} генератора 15 пилообразного напряжения постоянно превышает амплитуду выходного сигнала U_7 блока 7 регулирования, вследствие чего выходной сигнал T компаратора 14 равен нулю и силовой ключ 13 находится постоянно в разомкнутом состоянии, т. е. тормозной резистор 6 отключен. Одновременно с изменением на отрицательную полярность выходного сигнала U_7 блока 7 регулирования посредством воздействия через систему управления выпрямителем 4 нереверсивный выпрямитель 4 переводится в «выпрямительную» зону углом управления, что определяет токопроводящее состояние силовых тириستоров выпрямителя 4. В результате указанной работы через открытый выпрямитель 4 осуществляется необходимая токовая подпитка энергией конденсатора C силового фильтра 3 и инвертора 2, вследствие чего электродвигатель 1 переводится и устанавливается в двигательном режиме работы при новом установившемся значении частоты вращения. Предлагаемое техническое решение обеспечивает как подтормаживание электропривода до любого значения пониженной частоты вращения, так и торможение до нулевой частоты вращения (т. е. останов) при реактивном характере момента статистического сопротивления на валу электродвигателя.

Предлагаемое техническое решение повышает эффективность торможения частотно-регулируемого электропривода при уменьшении установленной емкости силового фильтра преобразователя частоты.

Указанные преимущества в предлагаемом устройстве достигается за счет применения наряду с широтно-импульсным дополнительно фазового управления подключением тормозного резистора, а также за счет осуществления в режиме инверторного торможения стабилизации на уровне номинального значения магнитного потокосцепления элек-

тродвигателя. В результате фазового управления подключением тормозного резистора исключаются неблагоприятные зоны подключения тормозного резистора, в которых осуществляется потребление энергии инвертором от силового фильтра для возбуждения электродвигателя, характеризующиеся высокими значениями пульсаций и колебаний электромагнитного тормозного момента двигателя. При этом разрешаются только благоприятные зоны включения тормозного резистора, в которых осуществляется непосредственно возвращение электромагнитной энергии от электродвигателя через инвертор в звено постоянного тока, и рассеивание указанной энергии в виде электрических потерь на тормозном резисторе 5. При управлении в данных разрешенных интервалах пульсации мгновенного значения тормозного электромагнитного момента двигателя существенно снижены. В результате определенного фазового формирования (т. е. фазовой синхронизации) импульсов включения тормозного резистора по отношению к процессам коммутации в инверторе, а также вследствие стабилизации скважности указанных импульсов управления независимо от изменения выходной частоты в предлагаемом устройстве обеспечивается нормирование среднего значения тормозного электромагнитного момента двигателя от сигнала управления. Осуществление стабилизации (на уровне номинального значения) магнитного потокосцепления электродвигателя в режиме инверторного торможения позволяет увеличить значения перегрузочного тормозного момента электропривода. Таким образом, вследствие обеспечения высоких значений перегрузочной способности, стабилизации, уменьшения пульсаций и нормирования от сигнала управления электромагнитного тормозного момента электродвигателя существенно улучшены динамические характеристики частотно-регулируемого электропривода в режиме торможения (в частности, сокращено время переходных режимов торможения на 20—30%) и достигнута устойчивость режима инверторного торможения электропривода в рабочем диапазоне частот и нагрузок.

В результате управления подключением тормозного резистора только в разрешенных временных зонах (достигаемого посредством фазового управления) и исключения «неблагоприятных» зон подключения, характеризующихся высокими значениями пульсаций напряжения на конденсаторе силового фильтра (из-за процесса разряда конденсатора фильтра одновременно на тормозной резистор и через инвертор на возбуждаемый электродвигатель), в предлагаемом устройстве уменьшена величина пульсаций на конденсаторе силового фильтра. В частности, при равной установленной емкости конденсаторов известного и предлагаемого уст-

ройства в данном техническом решении амплитуда пульсаций на конденсаторе силового фильтра за счет стабилизации тока через конденсатор, ниже примерно на 30%.

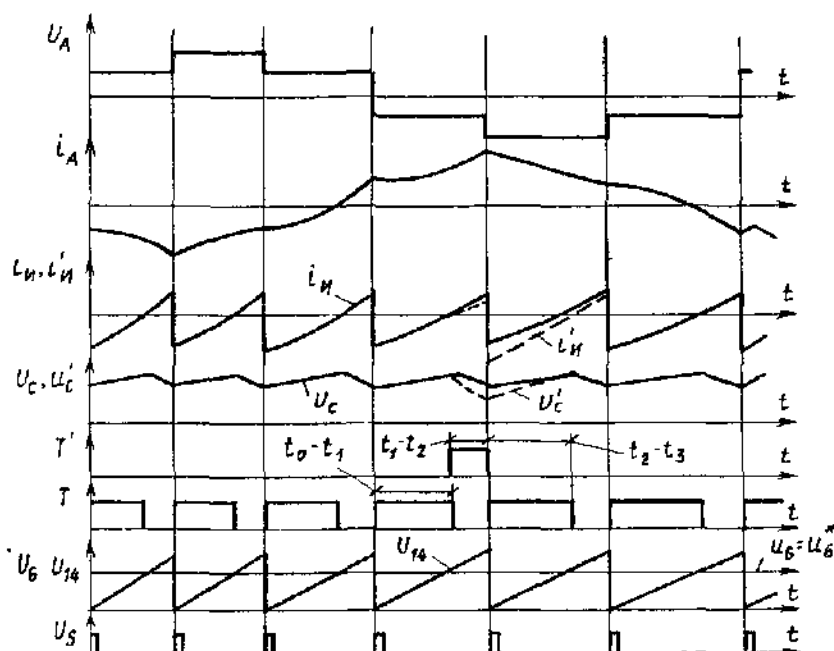
Выбор суммарной емкости электролитических конденсаторов силового фильтра преобразователя частоты осуществляется исходя из максимально допустимых (разрешенных правилами эксплуатации) пульсаций напряжения на них. Исходя из условия равных пульсаций напряжения на конденсаторах фильтра в известном и предлагаемом устройствах, соответствующих длительной безаварийной работе преобразователя частоты, при уменьшении амплитуды пульсаций на конденсаторах фильтра уменьшается емкость фильтра пропорционально уменьшению амплитуды пульсаций на фильтре. Следовательно, установленная емкость силового фильтра в предлагаемом устройстве может быть уменьшена примерно на 30%. Это позволяет уменьшить стоимость, массу и габариты устройства в целом примерно на 4—5%.

Применение предлагаемого технического решения в качестве устройства торможения промышленных частотно-регулируемых электроприводов позволит за счет уменьшения времени торможения вследствие увеличения среднего значения тормозного электромагнитного момента повысить производи-

тельность рабочих механизмов, работающих в длительных тормозных режимах при снижении стоимости и улучшения массо-габаритных показателей электроприводов.

Формула изобретения

Устройство для торможения частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя, содержащее инвертор, выход которого предназначен для подключения к асинхронному электродвигателю, а вход инвертора связан через силовой фильтр с выходом нереверсивного управляемого выпрямителя, систему управления инвертором, вход которой соединен с выходом задатчика частоты, систему управления выпрямителем, входом подключенную к выходу блока регулирования, тормозной резистор, подключенный к входу инвертора через широтно-импульсный прерыватель тока, вход которого соединен с выходом блока регулирования, отличающееся тем, что, с целью повышения эффективности торможения при уменьшении установленной емкости силового фильтра, введен импульсно-аналоговый преобразователь, а широтно-импульсный прерыватель тока снабжен дополнительными входами, один из которых непосредственно, а другой через импульсно-аналоговый преобразователь подключены к соответствующему выходу системы управления инвертором.



Фиг. 2

