

мися значениями плотности. В этом случае инкремент роста возмущений будет зависеть от градиента плотности, скорости звука в среде, и других газодинамических параметров.

Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца возникает на границе раздела двух жидкостей или газов различной плотности при их скольжении относительно друг друга. Его возникновение в данном случае связано с наличием обтекания плазменным потоком расплавленной поверхности металла. Плазменный поток, обтекая поверхность, увлекает за собой слой жидкого металла. Образуется система, когда в одном направлении текут два потока с различными скоростями. Это приводит к значительным изменениям морфологии поверхности образцов.

4. Заключение. Проведенные исследования показали, что воздействие на образцы сталей компрессионными плазменными потоками, генерируемыми МПК, приводит к существенной модификации структуры и прочностных свойств обработанной поверхности. Основными факторами, обеспечивающими модификацию свойств поверхности, являются высокоскоростной нагрев (выше точки плавления материала) за счет термализации кинетической энергии плазменного потока при его торможении на мишени, поддержание необходимого уровня температур в течение времени, достаточного для завершения физико-химических превращений в поверхностном слое, и высокоскоростное охлаждение обрабатываемого слоя материала. Многослойная структура поверхности формируется в процессе охлаждения. При этом первый слой — зона оплавления получен при закалке из расплавленного состояния, а скорость охлаждения была достаточно большой, чтобы не произошло полного обратного превращения аустенита в мартенсит и перлит. Второй слой — зона закалки из твердой фазы, отличается неоднородностью по глубине: ближе к поверхности помимо зернистого перлита присутствует незначительное количество мартенсита и остаточного аустенита, полученных при охлаждении из области гомогенного аустенита. Результаты этих структурных изменений приводят к существенному (в 3,5 раза) увеличению микротвердости по сравнению с исходными образцами.

Очевидной является перспективность данного метода модификации поверхностных свойств углеродистых сталей. Управление параметрами процесса, такими как длительность воздействия, скорость плазмы, ее температура и давление, позволит получить новые структурно-фазовые состояния материала с физико-механическими характеристиками, представляющими интерес для практического применения.

Литература

1. Arkhipov N. I., Bakhtin V. P., Safronov V. M. et al. // XXI International Conference on Phenomena in Ionized Gases. Proceedings. — Bochum, Germany. 1993. V. 2. Pp. 169—170.
2. Волошин М. Н., Гасин Д. А., Кораблева И. Р. и др. // Физика и химия обработки материалов, 1993. № 1. С. 67—70.
3. Виноградова А. К., Морозов А. И. // Физика и применение плазменных ускорителей. — Минск. 1974. С. 103—141.
4. Асташинский В. М., Ефремов В. В., Костюкевич Е. А. и др. // Физика плазмы. 1991. Т. 17, № 9. С. 1111—1115.
5. Асташинский В. М., Баканович Г. И., Костюкевич Е. А. и др. // ЖПС. 1989. Т. 50, № 6. С. 887—891.
6. Асташинский В. М., Баканович Г. И., Кузьмицкий А. М., Минько Л. Я. // ИФЖ. 1992. Т. 62, № 3. С. 386—390.
7. Uglov V. V., Anishchik V. M., Astashynski V. V. et al. // JETP Letters. 2001. № 74. P. 234—237.
8. Anishchik V. M., Uglov V. V., Astashynski V. V. et al. // Vacuum. 2003. V. 70, iss. 2—3. Pp. 269—274.
9. Гуляев А. П. Металловедение. М. «Металлургия», 1978. 648с.

© ГТТУ ИМЕНИ П. О. СУХОГО

КОМПЛЕКСНЫЙ ДАТЧИК ПОТЕРИ ПИТАНИЯ СИНХРОННОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

А.Г. Баранов, В.В. Курганов, Ю.В. Крышнев

This paper deals with automatic reserve power supply for high voltage electric lines with electric-motor load. The general purpose of investigations is designing of complex failure of power sensor. This device based on microcontroller and contains two independent channels — the frequency decay measurer and the active power direction relay with combine (analog-digital) filter.

Ключевые слова: комплексный датчик потери питания, автоматический ввод резерва, реле направления мощности, быстродействующий цифровой фильтр

1. Введение. В схемах релейной защиты и автоматики (РЗА) систем электроснабжения широко используются устройства автоматического ввода резерва (АВР). Основное их назначение — восстановление питания ответственных потребителей путем автоматического подключения резервных источников питания вместо основного источника в случаях нарушения электроснабжения нагрузки. Технико-экономический эффект при этом заключается в сохранении непрерывного технологического процесса потребителей.

Наличие синхронной двигательной нагрузки на шинах потребителя накладывает ограничения на работу устройств АВР. В случае потери питания синхронные двигатели переходят в генераторный режим, причем напряжение на выводах синхронного двигателя (СД), как правило, сохраняет синусоидальную форму, а величина его длительное время близка к номинальной. Но из-за торможения двигателя силами трения и наличия механической нагрузки частота вращения ротора уменьшается, в результате чего разность фаз между напряжениями на потерявшей питание секции шин и на резервном источнике питания плавно возрастает. В результате на момент несинхронного включения коммутационных аппаратов по штатной схеме АВР векторы напряжений основного и резервного источников питания могут разойтись на угол, больший критического и двигатель окажется под недопустимо большим напряжением. В данном режиме электродинамические силы, вызванные сверхпереходными токами включения СД, могут разрушить изоляцию электрических машин.

В настоящее время эффективное решение задачи самозапуска группы синхронных двигателей с сохранением их динамической или результирующей устойчивости включает в себя решение ряда научно — технических вопросов. Основными из них являются: 1) быстродействующее обнаружение потери питания узла нагрузки с синхронными двигателями; 2) переключение группы СД на резервный источник при безопасных токах включения с учетом благоприятного соотношения электромагнитного момента вращения и момента сопротивления. В данной работе подробно рассмотрен первый из этих вопросов — оперативное обнаружение потери питания (ПП) СД. Известные способы обнаружения факта потери питания эквивалентного СД (ЭСД) предусматривают сравнение фаз или амплитуд напряжений двух взаимнорезервируемых секций шин. В алгоритмах этих способов [2, 3, 4, 12] часто заложена недопустимость для ответственных потребителей инерционность.

2. Обзор существующих устройств противоаварийной автоматики синхронной двигательной нагрузки. Как правило, на практике применяется метод обнаружения ПП СД по срабатыванию реле минимальной частоты на одной из секций шин. Указанный режим возникает либо в случае свободного выбега ЭСД (после отключения короткого замыкания), либо в режиме трехфазного короткого замыкания (к.з.) в питающей сети. В этих режимах угол поворота ротора ЭСД относительно вектора напряжения сети может существенно увеличиться за счет предшествующей продолжительной подпитки к.з. и даже реализация быстродействующего АВР (БАВР) при помощи схем специализированной автоматики не всегда приводит к успешной ресинхронизации СД.

Получить наиболее оперативную и достоверную информацию об аварийном режиме можно, применив комплексный подход. Следует выделить следующие виды аварийных режимов: 1) обесточивание секций шин с ЭСД — неоперативное отключение вводного выключателя (неселективное срабатывание защит или самопроизвольное отключение), ошибка персонала, обрыв питающей линии; 2) к.з. со стороны питающей системы — трехфазное к.з. (около 5% случаев), двухфазное к.з. (около 15% случаев); однофазное к.з. (около 80% случаев).

Рассмотрим, всегда ли необходим переход на резервный источник питания. При к.з. непосредственно на питающей линии вне зависимости от типа аварии необходим переход на резервный источник. При к.з. на присоединениях 6/10 кВ связь с источником питания не прерывается (кроме тяжелых трехфазных замыканий), нагруженный двигатель продолжает работать в синхронном режиме, лишь только его внутренний угол значительно увеличивается. Поэтому необходимо предусмотреть меры по сохранению устойчивости ЭСД при к.з. на присоединениях 6/10 кВ: 1) повышением уровня остаточного напряжения на шинах питания СД путём реактирования отходящих линий 6/10 кВ; 2) быстрым отключением к.з. на

нереактивированных отходящих линиях 6/10 кВ. Нужно отметить, что чем раньше обнаружена ПП и выполнено АВР, тем легче протекает процесс ресинхронизации двигателя.

Во избежание несинхронного включения СД применяются специальные устройства. Они строятся по двум основным схемам: с гашением магнитного поля синхронной машины и без гашения поля. Кратко рассмотрим достоинства и недостатки каждого из них.

Автоматикой гашения поля (АГП) комплектуются все мощные синхронные двигатели как вспомогательной системой защиты при внутренних к.з. При потере питания АГП гасит поле ротора СД, что вызывает уменьшение напряжения на его выводах, а затем, после снижения ЭДС двигателя до величины меньше критической (около $0.5 U_{\text{ном}}$), происходит подача резервного питания на СД. Из-за большой длительности процесса гашения поля мощного СД (до 15 с), он полностью выпадает из синхронизма и существенно теряет скорость вращения. После подачи питания происходит самозапуск, причем в данном режиме групповой самозапуск, как правило, невозможен из-за больших провалов напряжения. Распространен способ, по которому агрегаты запускаются поочередно, согласно приоритету [1, 4, 12]. В результате для восстановления нормальной работы предприятия, с учетом возможного нарушения технологических цепочек, требуется значительное время.

Для сокращения длительности процесса самозапуска и уменьшения пусковых токов, дополнительно нагружающих резервную секцию, в работе [7] предлагается другой метод. При этом магнитное поле двигателя не гасится, а включение СД на резервный источник производится в определенные моменты времени, когда разность фаз между напряжениями двух секций шин меньше критической. Как правило, в таком устройстве либо с помощью уставок по времени жестко заданы моменты включения секционного выключателя, либо эти моменты вычисляются с помощью микропроцессора в темпе аварийного процесса по динамике изменения разности фаз между основной и резервной секцией шин (адаптивное АВР). Уставки по времени определяются экспериментально либо рассчитываются под конкретную нагрузку, и в результате при изменении коэффициента загрузки ЭСД может произойти несинхронное включение. В отличие от этого, в алгоритме адаптивного АВР по динамике изменения частоты напряжения на секции шин с выбегающими СД прогнозируются моменты совпадения по фазе напряжений двух секций шин, и с учетом конечного времени включения секционного выключателя (СВ) формируется команда на включение резерва. Адаптивное АВР не зависит от коэффициента загрузки ЭСД и величины безынерционной нагрузки, находящейся на секции шин, и является наиболее эффективным методом обеспечения динамической либо результирующей устойчивости ЭСД.

При любом способе реализации АВР необходимо максимально оперативно определить факт потери питания и при этом исключить ложные срабатывания. Датчики потери питания устройств АВР, применяемых в штатных схемах РЗА строятся, как правило, на основе реле минимального напряжения. Однако для синхронной двигательной нагрузки такой датчик неприемлем по условию времени срабатывания. Поэтому в схемах РЗА распределительных подстанций с СД используют реле направления мощности (РНМ), реле частоты (РЧ) а также измерители разности фаз. РНМ применяют, как правило, типа РБМ или РМ-11. Принципиальными недостатками этих реле являются наличие самохода, подвижность контактных систем и низкая механическая устойчивость (РБМ) [8, 14], применение слишком упрощенных частотных фильтров на входе устройства, которые не могут обеспечить необходимую помехоустойчивость (РМ-11) [8]. В условиях переходного процесса известные реле направления мощности отказывают в срабатывании. Схемы с использованием измерителей разности фаз одноименных напряжений защищаемой и резервной секций шин тоже имеют свои недостатки. В частности, данная схема может определить факт только трехфазного короткого замыкания, когда синхронный двигатель теряет связь с энергосистемой и переходит в режим выбега. В то же время при одно- или двухфазном коротком замыкании двигатель, как правило, еще некоторое время удерживается в синхронизме и устройство с измерителем разности фаз сработает лишь после отключения питающей линии защитами, когда скольжение СД уже достигнет значительной величины и осуществление БАПВ будет затруднено.

Схемы АВР, как и автоматика других релейных защит, строились на базе имевшихся измерительных устройств. В схемах РЗА получили распространение защитные устройства, входными сигналами для которых являются два межфазных напряжения и два фазных тока защищаемой секции шин. Такая схема позволяет сократить затраты на монтаж измерительных трансформаторов. В то же время это накладывает ограничения на чувствительность устройств защиты. Для того чтобы иметь полную картину процессов, протекающих в линии, необходимо формировать три информационных сигнала по межфазным напряжениям и три сигнала по фазным токам. Такие схемы уже длительное время эксплуатируются за рубежом, и на их основе строятся все современные системы защиты, в том числе и микропроцессорные.

Стоит сказать, что всеми ведущими электротехническими фирмами мира реализуется концепция создания комплексных систем автоматизации и управления электроэнергетическими объектами в соответствии с единым техническим решением для целой совокупности функций. Состоящие из отдельных автономных модулей, эти системы связаны каналами коммуникаций и образуют разные ступени иерархии управления. Устройства РЗА располагаются на нижнем уровне указанной системы и имеют самый высокий приоритет. В то же время обеспечивается возможность автономной работы защит при отсутствии связи с верхними уровнями. В основе современных микропроцессорных систем защиты лежит принцип интеграции функций РЗ, измерения, регистрации аварийных параметров, сигнализации, передачи данных, местного и дистанционного управления и других в рамках одного устройства [10].

3. Функциональная схема комплексного датчика потери питания синхронной двигательной нагрузки. Функциональная схема устройства должна быть построена на основе алгоритма работы реле направления мощности. В данной схеме предпринята попытка устранить типичные недостатки серийно выпускаемых РНМ, рассмотренные в п. 2.

Рассмотрим задачу обнаружения факта потери питания секцией шин 6/10 кВ и возможные способы ее решения. Как указывалось в п. 1, способность СД преобразовывать запасенную механическую энергию в электрическую создает ряд особенностей для работы систем защиты. При отключении от источника напряжения двигателя, отдавая свою энергию в сеть, начинает терять скорость вращения. В случае, если короткое замыкание произошло на питающей линии, синхронные двигатели подпитывают точку к.з. за счет запасенной энергии. Сложность обнаружения факта потери питания заключается в том, что по амплитуде напряжения на секции шин невозможно судить о том, в каком режиме находится СД. Можно выделить два основных информативных критерия аварийного режима — 1) величина и направление активной мощности в питающей линии, и 2) скорость изменения частоты напряжения на секции шин с СД [1, 7, 14].

Получить наиболее достоверную и оперативную информацию об аварийном режиме можно, применив комплексный подход. Для этого следует выделить основные типы аварийных режимов и разрабатывать алгоритмы их отработки по отдельности. Все аварийные режимы на питающей линии можно разделить на две группы: обесточивание секции шин и короткие замыкания.

Наиболее частым и тяжелым видом аварийного процесса являются короткие замыкания. Различные типы замыканий оказывают разное влияние на устойчивость двигателя. При однофазном коротком замыкании на линии напряжением 110 кВ и выше, СД, получая энергию по двум рабочим фазам, подпитывает часть полученной энергии к.з. в аварийной фазе, при этом оставаясь в синхронизме. Оставаться в синхронном режиме работы двигатель при небольшой механической нагрузке может сколь угодно долго. В случае двухфазного короткого замыкания ЭСД при малой нагрузке также остается в синхронизме. При этом резко возрастает нагрузка на «рабочую» фазу, и, если двигатель имеет значительную нагрузку, он выпадает из синхронизма и переходит в режим асинхронного хода. При трехфазном к.з. связь двигателя с энергосистемой полностью нарушается, и он переходит в режим выбега на короткое замыкание. Кроме описанных выше, встречаются различные сочетания вышеперечисленных видов замыканий. В любом случае при к.з. на питающей линии вне зависимости от типа аварии необходим оперативный переход на резервный источник электроснабжения. Необходимо подчеркнуть, что чем раньше обнаружена потеря питания и выполнен переход на резервный источник, тем легче протекает процесс последующей ресинхронизации двигателя.

По месту возникновения короткие замыкания можно разделить на возникшие со стороны питающей линии (до вводного выключателя) и возникшие со стороны нагрузки. При коротком замыкании со стороны питающей линии потребитель оказывается отрезан от источника энергии и необходимо как можно быстрее отключить вводной выключатель, чтобы произвести последующее АВР. Все короткие замыкания в той или иной степени приводят к снижению напряжения на секции шин и к увеличению тока. Степень этих изменений зависит от расстояния до точки аварии, сопротивления линии и других параметров. При аварии со стороны питающей линии наблюдается изменение направления (реверс) активной мощности в аварийной фазе (фазах). Но только по реверсу активной мощности нельзя однозначно судить об аварийном процессе, т.к. подобный режим может наблюдаться и при включении мощных потребителей на линии. Однако при включении мощных потребителей на линии мощность, забираемая от нагрузки, незначительна, поэтому можно критерием аварийного режима считать значительный реверс мощности. Такое реле на-

правления мощности не будет реагировать на короткие замыкания со стороны нагрузки (они отключаются собственными защитами). Для уменьшения влияния коротких замыканий в отходящих линиях (присоединениях 6/10 кВ) на устойчивость СД рекомендуется провести ряд мероприятий. Во-первых, реактировать отходящие линии для увеличения остаточного напряжения на секции шин при возможном к.з на присоединениях 6/10 кВ. Во-вторых, увеличить быстродействие систем защитного отключения отходящих линий корректировкой соответствующих уставок, или заменой выключателей старых типов на более быстродействующие.

В разрабатываемом комплексном датчике потери питания (КДПП) обнаружение аварийного режима осуществляется сразу по двум критериям: по направлению мощности и по динамике изменения частоты напряжения на секции шин. По направлению мощности можно определить факт короткого замыкания, а по динамике изменения частоты напряжения — потерю питания со стороны линии 110 кВ и ложные отключения вводного выключателя. Таким образом, по принципу работы устройство разделено на два канала — канал определения реверса мощности и канал измерения частоты. Оба канала имеют пороговые органы по величине входных сигналов для исключения ложных срабатываний и объединены по схеме логического ИЛИ, т.е. при регистрации аварийного режима хотя бы одним из каналов выдается сигнал срабатывания (см. рис. 1).

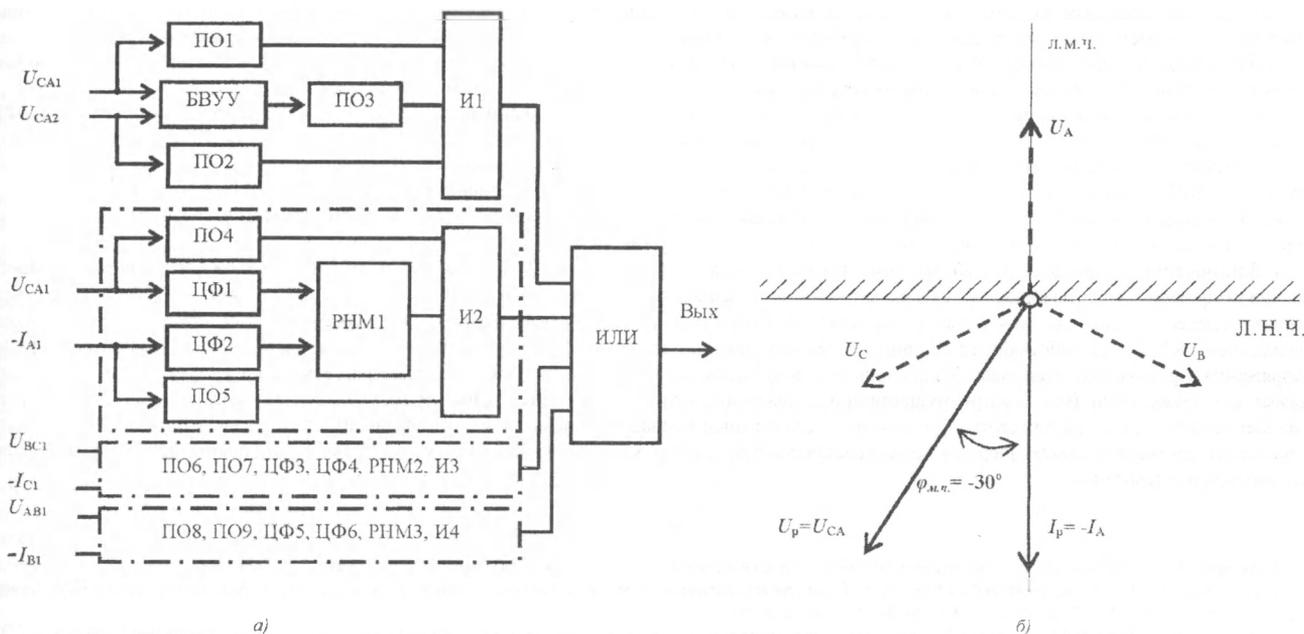


Рис. 1. Структурная схема КДПП синхронной двигательной нагрузки (а) и векторная диаграмма работы одного канала реле направления мощности (б). Условно обозначены: РНМ1, РНМ3 — реле направления мощности с углом максимальной чувствительности ($\beta_{м.л.}$) 30° ; БВУУ — блок вычисления углового ускорения ЭСД; ЦФ1..ЦФ6 — цифровые полосовые фильтры с центральной частотой $f_0 = 50$ Гц; ПО3 — пороговый орган углового ускорения с порогом срабатывания $e_{пор} > 6$ Гц/с; ПО5, ПО7, ПО9 — пороговые органы тока с порогом срабатывания $I_{пор} > 0,2 I_{ном.ЭСД}$; ПО1, ПО2, ПО4, ПО6, ПО8 — пороговые органы напряжения с порогом срабатывания $U_{пор} > 0,1 U_{ном}$; И1..И4, ИЛИ — логические элементы; л.м.ч. — линия максимальной чувствительности РНМ; л.н.ч. — линия нулевой чувствительности РНМ; U_p, I_p — соответственно напряжение и ток, подаваемые на входы РНМ

Канал определения реверса мощности предполагает наличие реле направления мощности во всех трех фазах защищаемой секции шин. Это, в свою очередь, требует наличия во всех трех фазах трансформаторов тока и напряжения. При установке данной системы защиты на подстанции промышленного предприятия может возникнуть необходимость модернизации ячейки ввода распределительного устройства.

Канал измерения частоты сравнивает фазы одноименных межфазных напряжений двух секций шин (U_{CA1} и U_{CA2} на рис. 1) и по динамике изменения их разности выдает управляющий сигнал. По сравнению со стандартным реле частоты предлагаемый способ более быстродействующий. Для определения факта потери питания лишь необходимо зафиксировать изменение частоты напряжения со скоростью выше заданной уставки. Уставка величиной 6 Гц/с позволяет отличить режим потери питания СД от режима общесистемного понижения частоты, возникающего при дефиците активной мощности.

С учетом того, что короткие замыкания происходят намного чаще, чем обесточивания секции шин, подробнее рассмотрим работу канала реверса мощности. По сравнению со стандартными схемами, в предлагаемых РНМ устранены некоторые недостатки. Например, введены пороговые органы по току и напряжению и фильтры входных информационных сигналов, необходимые для исключения влияния аperiodической составляющей и высших гармоник на работу устройства. В предложенной схеме аperiodическая составляющая отфильтровывается при помощи быстродействующего цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ). Пороговые органы необходимы для исключения ложного срабатывания реле при малых значениях информационных сигналов напряжения или тока в условиях возможных помех (соответственно при близких к.з. или отключениях ввода).

Для возможности определения фаз напряжения и тока в произвольный момент времени удобно использовать метод ортогональных составляющих. Он заключается в следующем [10]. Из входного сигнала формируются две ортогональные составляющие — синусная и косинусная, сдвинутые по фазе друг относительно друга на 90° . В любой момент времени t по мгновенным значениям этих величин можно определить мгновенную фазу сигнала по формуле:

$$\psi(t) = \arctg \frac{U_s(t)}{U_c(t)}, \quad (2.1)$$

где $U_s(t)$, $U_c(t)$ — соответственно синусная и косинусная составляющие входного сигнала в момент времени t ; $\psi(t)$ — мгновенная фаза входного сигнала в момент времени t .

Данный метод определения фазового сдвига особенно актуален для низкочастотных сигналов, когда использовать времяимпульсный способ измерения не позволяют требования к быстродействию устройства. Формирование ортогональных составляющих осуществляется непосредственно с помощью цифровых КИХ-фильтров на основе дискретного преобразования Фурье [6], которое осуществляется над мгновенными значениями (отсчетами) входного сигнала по формуле:

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) e^{-\frac{i \cdot 2\pi n k}{N}} \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (2.2)$$

где $x(nT)$ — последовательность отсчетов входного сигнала, T — тактовый период, n — номер отсчета аналогового сигнала, N — число отсчетов за период, k — номер гармоники сигнала

Для первой гармоники имеем $k = 1$. Число отсчетов выбирается, исходя из быстродействия технических средств обработки, а также необходимой верхней частоты спектра сигнала. Верхняя частота спектра определяется по теореме Котельникова. Так как КИХ-фильтр имеет периодическую амплитудно-частотную характеристику, то к его входу необходимо подключить аналоговый фильтр нижних частот (ФНЧ) [5, 13]. Для КДПП, кроме этого нужно учесть следующее:

- а) верхняя частота должна быть достаточно высокой для того, чтобы инерционность фильтра нижних частот не вносила существенный вклад в инерционность всего устройства;
- б) верхняя частота должна быть достаточно низкой для того, чтобы обработку сигналов можно было реализовать на относительно простой схеме и недорогих компонентах;
- с) число отсчетов должно быть четным (подробный анализ проведен в литературе [9, 10]).

Современное развитие устройств защиты в энергетике происходит путем синтеза аналоговых и цифровых способов обработки сигналов. Каждый по отдельности, способы не могут обеспечить желаемого технического и экономического эффекта. Цифровой способ обработки сигналов при аналогичных характеристиках устройств всегда предпочтительнее аналогового из-за высокой стабильности параметров цифровых компонентов, надежности и высокой точности. Но реализовать некоторые точные операции в цифровом виде с высоким быстродействием бывает технически сложно, стоимость компонентов для такой обработки также может оказаться чрезмерно высокой. В этом случае задачу решают аналоговыми способами. Вообще характерно условное разделение самих задач на цифровые и аналоговые. Как правило, формирование нормированных информационных сигналов происходит аналоговыми методами, а дальнейшую обработку производят в цифровом виде [10].

При компьютерном моделировании были получены удовлетворительные результаты при числе отсчетов $N = 16$ и частоте среза аналогового ФНЧ 350 Гц. Инерционность всего устройства не превышала 1,5 периода сетевой частоты. Цифровая часть 3-х канального РНМ могла быть реализована на микроконтроллере 80C51GB (фирма Intel) [11, 15] со встроенным 8 — канальным АЦП и тактовой частотой 12 МГц. Из возможных схем аналоговых ФНЧ лучшим оказался фильтр Баттерворта 2-го порядка на основе операционного усилителя с многопетлевой обратной связью.

Из соображений надежности канал измерения частоты необходимо реализовать отдельно от канала реверса мощности [9], причем нормирующие устройства для них могут быть общие, а аналоговые ФНЧ и цифровые части — обязательно разные.

4. Заключение. В процессе разработки комплексного датчика потери питания (КДПП) синхронной двигательной нагрузки были подробно проанализированы существующие устройства автоматизации распределительных подстанций с синхронными двигателями — 6/10 кВ. В результате были определены их недостатки (относительно низкие надежность и быстродействие). Разработаны функциональная, структурная и принципиальная схемы КДПП СД, работающего по принципу многоканального измерительного органа, причем входными сигналами являются межфазные напряжения и фазные токи защищаемой секции шин. Направление потока мощности определяется по фазовому сдвигу между соответствующими токами и напряжениями. Важным преимуществом предложенного устройства является возможность производить измерения за время, не превышающее 1,5 периода сетевой частоты. Кроме того, предложенный комбинированный (аналого-цифровой) способ фильтрации входных сигналов позволит отстроиться от помех, аperiodической составляющей и кратных гармоник, имеющих место в реальных условиях работы средств релейной защиты и автоматизации.

Литература

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебн. для вузов — М.: Высшая школа, 1991 г.
2. А.с. СССР № 1136255 А, МКИ³ Н 02 J 9/06. Устройство для автоматического ввода резервного питания / Л. М. Гурфинкель, А. Г. Дмитриенко и П. А. Суворов (СССР). — № 3565113/24—07; Заявл. 14.03.83; Оpubл. 23.01.85. Бюл. №3.
3. А.с. СССР № 1665456 А1, МКИ³ Н 02 J 9/06. Реле направления мощности для включения резервного питания потребителей с двигательной нагрузкой / Э. К. Федоров и Г. С. Нудельман (СССР). — № 4638269/07; Заявл. 22.12.88; Оpubл. 23.07.91, Бюл. № 27.
4. А.с. СССР № 17376624 А1, МКИ³ Н 02 Р 1/58. Устройство для выявления потери питания электродвигателей / В. В. Курганов, В. В. Прокопчик (СССР). — № 4411502/24—07; Заявл. 16.04.90; Оpubл. 15.08.92, Оpubл. в Б.И. № 20, 1992 г.
5. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах — Л.: Энергоатомиздат, 1988 г.
6. Гутников В. С. Фильтрация измерительных сигналов — Л.: Энергоатомиздат, 1990 г.
7. Курганов В. В., Крышнев Ю. В. Измерительно — управляющая система автоматического включения резервного питания нагрузки с электродвигателями. — Материалы МНТК «Современные методы цифровой обработки сигналов в системах измерения, контроля и управления» Минск, БГУ, 1998 г.
8. Линт Г. Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах. — М.: Энергоатомиздат, 1990 г.
9. Овчаренко Н. И. Элементы автоматических устройств энергосистем: Учебное пособие для вузов. В 2-х кн. Кн. I. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1995 г.
10. Романюк Ф. А. Информационное обеспечение микропроцессорных защит электроустановок: Учебное пособие. — Мн.: УП «Технопринт», 2001 г.
11. Сташин В. В., Урусов А. В., Мологонцева О. Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах — М.: Энергоатомиздат, 1990 г.
12. Шабад М. А. Релейная защита и автоматика на электроподстанциях, питающих синхронные двигатели. — Л.: Энергоатомиздат, 1984 г.
13. Щербakov В. И., Грездов Г. И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник. — К.: Техника, 1983 г.
14. Электротехнический справочник в трех томах / Под общей ред. профессоров МЭИ (гл. ред. И. Н. Орлов) — 7-е изд., испр. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1986 г. — Т. 1—3.
15. 8XC51GB CMOS Single-Chip 8-bit Commercial/Express Microcontrollers / Data Sheet Order Number 272337-001, 1994 y.

© ПГУ

ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕПЛОВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ

А. Н. Бендо, В. И. Липко

Предложены эффективные методы и технические средства для создания комфортных параметров микроклимата с меньшими затратами материальных средств и энергоресурсов за счет использования природных источников солнечной радиации и естественной гравитации, повторного применения уходящей трансмиссионной теплоты, теряемой зданием через ограждающие конструкции, а также теплоты удаляемого вытяжного воздуха в системах комбинированного тепловоздушоснабжения зданий.

Ключевые слова: дискомфорт, тепловоздушоснабжение, рекуперация, микроклимат, энергоресурсосбережение.

1. Введение. Рациональное использование природных ресурсов и интенсификация экономики в значительной степени зависят от уровня развития науки и техники в области создания энергоэффективных технологий, направленных на снижение энергоемкости единицы национального дохода прежде всего за счет экономии топливно-энергетических ресурсов, дефицит которых в экономически развитых странах ежегодно возрастает, что влечет за собой повышение мировых цен на газ и нефть.

Создание комфортных параметров микроклимата в зданиях с системами естественной вентиляции, основанной на неорганизованном притоке холодного наружного воздуха за счет инфильтрации, обходится значительно дороже из-за интенсивного продувания ограждающих конструкций вертикальными воздушными потоками под действием гравитационного давления и горизонтальными воздушными потоками под действием ветрового давления, что особенно ощутимо для зданий повышенной этажности.

Энергоресурсосбережение в зданиях реализуется путем применения эффективных архитектурно-планировочных и конструктивных технических решений, энергоэффективных теплоизоляционных материалов, энергоэкономичных конструкций наружных стен и заполнителей световых проемов, оптимальных тепловых и воздушных режимов, создаваемых инженерными системами тепловоздушоснабжения, использующих теплоту удаляемого воздуха и солнечную радиацию для предварительного подогрева наружного приточного воздуха.

