

# **ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**Пятаев Н.А., Агапов В.А.**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Нефтегазовые предприятия являются составной частью основных потребителей электроэнергии среди промпредприятий нашей страны. Текущий период эксплуатации этих предприятий характеризуется постепенным увеличением потребления электрической энергии.

Ключевыми особенностями системы электроснабжения нефтегазовых комплексов являются большая удаленность от энергосистем, территориальная разброс потребителей, разнообразие источников энергии. Передача электроэнергии от подстанций энергосистемы к потребителям связана с короткими перерывами в электроснабжении, происходящих из-за коротких замыканий (КЗ) и других причин. В процессе эксплуатации нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти огромную роль играет безостановочность рабочего процесса. Особенности электроснабжения нефтегазовых комплексов являются протяженные линии электропередач, постоянный рост потребляемой мощности, связанный с ростом электрических нагрузок месторождений [1].

Большой объем двигательной нагрузки является отличительной особенностью узлов нагрузки промышленных предприятий, в том числе предприятий нефтегазовой промышленности. Для кустовых насосных станций на нефтяных месторождениях используются синхронные двигатели (СД) до 6 МВт, а для установок извлечения нефти используют мощные асинхронные двигатели (АД). На компрессорных газоперекачивающих станциях для привода нагнетателей применяются синхронные электродвигатели мощностью до 25 МВт.

Перерывы электроснабжения подобных установок может привести к их отключению и срыву технологического процесса, на восстановление которого уходит много времени.

В связи с этим становится актуальным вопрос об ограничении длительности перерывов электроснабжения.

Схемы электроснабжения нефтегазовых комплексов от двух независимых источников с применением автоматического ввода резерва (АВР), которые используются в настоящее время, достаточно надежны. Но при использовании традиционных двусторонних АВР на секционном выключателе (СВ) 6, 10, 35 кВ закрытых распределительных устройств (ЗРУ), распределительных пунктов (РП) минимальное время работы средств автоматики равно  $0,4 \div 0,5$  с, а перерыв в электроснабжении после его кратковременного сбоя составляет более 1 с.

Применяемые в настоящее время схемы и устройства АВР не обеспечивает непрерывное электроснабжение СД и АД важных механизмов при кратковременных перерывах электроснабжения. Они могут являться причинами

возникновения гидравлических ударов, повреждения трубопроводов и оборудования насосных станций при переключении на запасной источник питания за время 90-120 мс и более. Главными недостатками существующих систем АВР являются: долгое время срабатывания и время включения СВ, АВР, отсутствие алгоритмов работы АВР для подстанций с несколькими вводами и при наличии трех секций распределительных устройств (РУ).

Снижение времени перерывов электроснабжения может достигаться путем применения в системах электроснабжения микропроцессорного устройства быстрого действия автоматического ввода резерва (БАВР) и секционирования электрических сетей при помощи средств промышленной электроники и автоматики.

В качестве объекта исследования была выбрана компрессорная станция ДКС-1. Для таких объектов электроснабжение выполняется по схеме на рисунке 1[2], где АД – асинхронный двигатель, СД – синхронный двигатель, ИРМ – источник реактивной мощности,  $X_C$  и  $R_C$  – индуктивное и активное сопротивления системы,  $P_{нг}$  и  $Q_{нг}$  – прочая активная и индуктивная нагрузка.

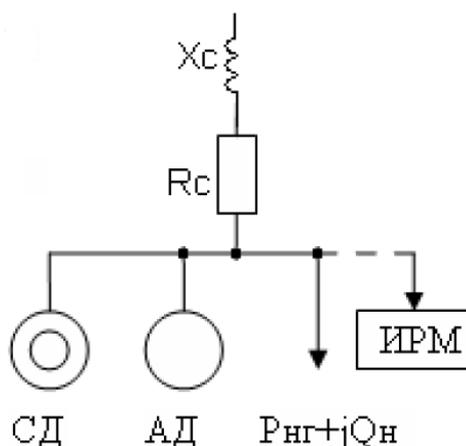


Рисунок 1 – Упрощенная схема узла нагрузки компрессорной станции

Сопротивления  $X_C$  и  $R_C$  существенно влияют на режим работы двигателей в связи с наличием в них потерь напряжения и активной мощности.

Большой процент двигательной нагрузки по отношению к суммарной нагрузке станции оказывает большое влияние на режим работы двигателей. Для газоперекачивающих станций объем двигательной нагрузки может достигать 90% от общего, а также мощность некоторых синхронных двигателей может достигать 25 МВт. Эти факторы вызывают сложности при пуске и самозапуске двигателей.

Самозапуск и пуск электродвигателей отличается следующее:

- в момент восстановления напряжения большая часть двигателей вращаются;
- после потери питания один или группа двигателей некоторое время поддерживают на шинах подстанции остаточную ЭДС  $E$ ;

– самозапуск происходит в основном при нагруженных механизмах, что приводит к увеличению времени разгона и повышению температуры обмоток двигателей, обусловленному увеличением тока по сравнению с его номинальными значениями;

– в самозапуске участвует одновременно несколько двигателей, в результате чего в элементах сети растут токи, снижается напряжение на зажимах двигателей и соответственно уменьшается вращающий момент. [3]

Весь процесс самозапуска можно разделить на два этапа.

Первый этап — выбег электродвигателей (одиночный или групповой). При одиночном выбеге один электродвигатель оказывается отсоединенным от сети и от других двигателей, или другие двигатели, электрически связанные с ним, не оказывают заметного влияния на процесс выбега. Это происходит, когда между рассматриваемыми и другими двигателями включен реактор или трансформатор. Свободным называется выбег одного двигателя, отключенного от сети. Выбег нескольких двигателей называется групповым. В основном процесс выбега характеризуется механическими характеристиками агрегатов. Когда двигатели подпитывают близкое КЗ, выбег происходит по более крутой характеристике из-за влияния дополнительного тормозного момента.

Отключенный от источника питания двигатель при выбеге развивает ЭДС в обмотке статора. У АД ЭДС невелика, у СД значительна. При увеличении ЭДС увеличивается ток включения при восстановлении напряжения (при неблагоприятной фазе включения). Необходим достаточно большой промежуток времени до восстановления напряжения, т. е. необходимо увеличить время действия АВР или АПВ для обеспечения достаточного снижения  $E_d$ .

Второй этап — разгон и восстановление рабочего режима. Разгон происходит при сниженном напряжении, величина которого зависит от параметров сети, двигателей и прочей нагрузки.

Самозапуск считается обеспеченным, если при сниженном напряжении момент двигателя достаточен для доведения угловой скорости до номинальной и если за время разгона температура нагрева обмоток не превысит максимального значения. Поэтому время перерыва электроснабжения должно быть как можно меньшим.

В конце второго этапа СД должен войти в синхронизм. Процесс синхронизации зависит прежде всего от системы возбуждения и значения напряжения, так как синхронизирующий момент пропорционален ЭДС двигателя и напряжению сети. Иногда СД переходит в асинхронный режим после перерыва питания и тогда не требуется специальных средств для ресинхронизации. В зависимости от условий различают два основных способа самозапуска: с нагруженным механизмом и с ненагруженным механизмом.

До недавнего времени при самозапуске СД была принята следующая последовательность действий:

- при фиксации потери питания, осуществляется отключение ввода секции и гашение поля СД;

- после снижения напряжения на секции, срабатывает АВР и питание начинает осуществляться от соседней секции;

- двигатели разворачиваются до подсинхронной частоты вращения, после чего подается возбуждение и СД входят в синхронизм.[4]

Полное гашение поля до нуля снижает эффективность самозапуска, так как гашение поля до нуля через разрядное сопротивление требует достаточно много времени. В большинстве случаев ограничиваются гашением до величины, при которой ток и момент несинхронного включения не превышают допустимых значений. Чаще всего ограничиваются гашением поля до величины, при которой напряжение на выводах двигателей снижается до  $0,5 \div 0,6 U_{ном}$ . На практике это реализуется учетом снижения напряжения на секции при пуске АВР.

Успешность самозапуска больше всего зависит от времени перерыва электроснабжения: чем меньше время перерыва питания, тем меньше скольжение, больше сопротивление двигателя и больше средний асинхронный момент. Из-за этого при настройке релейной защиты и автоматики сети с СД стремятся к максимальному ускорению действия защиты и устройств АПВ, АВР и БАВР. В тех случаях, когда несинхронное включение не допускается, гашение поля необходимо осуществлять сразу после обнаружения потери питания.

Процессы выбега СД в случае кратковременного отключения источника и в случае кратковременного снижения напряжения из-за короткого замыкания на смежных элементах сети различаются.

При отключении источника питания торможение происходит за счет момента сопротивления приводимого механизма. Магнитная система возбужденных выбегающих СД насыщена. После восстановления питания устройствами АПВ или АВР может происходить электромагнитный переходный процесс из-за несинхронного включения возбужденных СД. Возникающие в обмотках двигателя токи и электромагнитные моменты могут значительно превышать соответствующие величины, имеющие место при коротком замыкании на вводах двигателя, а также при пуске двигателя. По этой причине необходимо обеспечить гашение поля СД.

При восстановлении напряжения после отключения КЗ на смежном элементе сети, токи и электромагнитные моменты вращения, возникающие в СД, как правило, меньше, чем при несинхронном включении, обусловленном действием устройств АПВ и АВР, так как результирующий магнитный поток двигателя в этом случае значительно ослаблен из-за размагничивающего эффекта тока короткого замыкания.

В настоящее время в связи с внедрением устройств БАВР стал возможен синхронный самозапуск СД, без необходимости гашения поля.

Таким образом, применение самозапуска СД с внедрением устройств БАВР на газоперекачивающей станции позволяет сократить экономические потери, связанные с расстройством технологического процесса из-за перерыва в электроснабжении [5].

#### *Список литературы*

1. Михалев, С.В. Система поддержания устойчивости работы синхронных электродвигателей 6-10 кВ: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.09.03 . Санкт-Петербург, 2014. – 121 с.

2. Абрамович, Б.Н. Возбуждение, регулирование и устойчивость синхронных двигателей/ Б.Н. Абрамович, А.А. Круглый. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 70 с.

3. Голоднов, Ю.М. Самозапуск электродвигателей.– 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1985.– 136 с.

4. Слодарж, М.И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных двигателей/ М.И. Слодарж. – М.: «Энергия», 1977. – 215 с.

5. Пятаев Н.А., Агапов В.А. Применение быстродействующих автоматических вводов резерва для повышения надежности систем электроснабжения нефтяных комплексов // Оренбург: ООО Агентство «Пресса», 2016. с. 90-93.