

УДК 621.313.333

А.К. Чугунов

(Украина, Днепрпетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ШАХТНЫХ КОМБАЙНОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Введение

Сегодня все более острым ставится вопрос компенсации реактивной мощности подземных электроприемников шахты. Имеющиеся установки компенсации реактивной мощности - крупногабаритные и рассчитаны на большую мощность. В статье рассмотрен вопрос возможности внедрения индивидуальной компенсации реактивной мощности и выбора необходимой емкости конденсаторных батарей.

Целью работы является разгрузка питающих сетей и трансформаторов подземных потребителей от реактивной мощности путем внедрения индивидуальной компенсации реактивной мощности.

Основная часть

Установка конденсаторных батарей (КБ), присоединяемых непосредственно к выводам трехфазного асинхронного двигателя (АД) или клеммам его коммутационного аппарата, является эффективным способом компенсации реактивной мощности при длительном технологическом режиме работы привода. Кроме того, при протяженной линии питания привода установка КБ позволяет одновременно улучшить механическую характеристику двигателя за счет повышения рабочего напряжения.

Преимущества индивидуальной компенсации состоят в том, что мощность конденсатора выбирается по номинальной мощности и коэффициенту мощности ($\cos\varphi$) двигателя, причем при отключении двигателя автоматически отключается КБ. Другое преимущество - затраты на индивидуальную компенсацию за счет стоимости вводного устройства ниже, чем при других ее способах, таких как увеличение сечения кабеля или приближение к источнику. При индивидуальной компенсации возможно возникновение перекомпенсации, когда емкость конденсаторных батарей выше необходимой (это возможно при увеличении нагрузки).

Для определения необходимой емкости конденсаторных батарей и исследования режима перекомпенсации была создана математическая модель, согласно которой была написана программа в среде Matlab и создана экспериментальная установка.

На рис. 1 изображена экспериментальная установка для изучения эффекта компенсации реактивной мощности. Параметры АД (тип 4А90L4У3): $P_{\text{ном}} = 2,8$ кВт; $U_{\text{ном}} = 220$ В; $\eta = 0,83$; $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,84$; $I_{\text{п}} = 10,5$; $M_{\text{п}} = 18$ Н·м; $n = 1479$ об/мин; $J = 10$ кг·м².

В экспериментальной установке использована батарея конденсаторов, которая позволяет изменять величину емкости ступенчато от 2 до 110 мкФ. Тормозной механизм обеспечивает нагрузку двигателя от 0 до 1,25 номинального. Ваттметр позволяет измерять активную мощность, потребляемую двигателем, и мощность, потребляемую из сети. Эквивалент питающей линии представлен сопротивлениями

Z_1, Z_2, Z_3 .

Необходимую емкость конденсаторных батарей можно определить по формуле [1]

$$C = \frac{\kappa_3 \cdot P \cdot \operatorname{tg} \varphi}{U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f},$$

где κ_3 – коэффициент загрузки двигателя; P – активная мощность двигателя; $\operatorname{tg} \varphi$ – тангенс угла сдвига фаз; U – напряжение питающей сети; f – частота питающей сети.

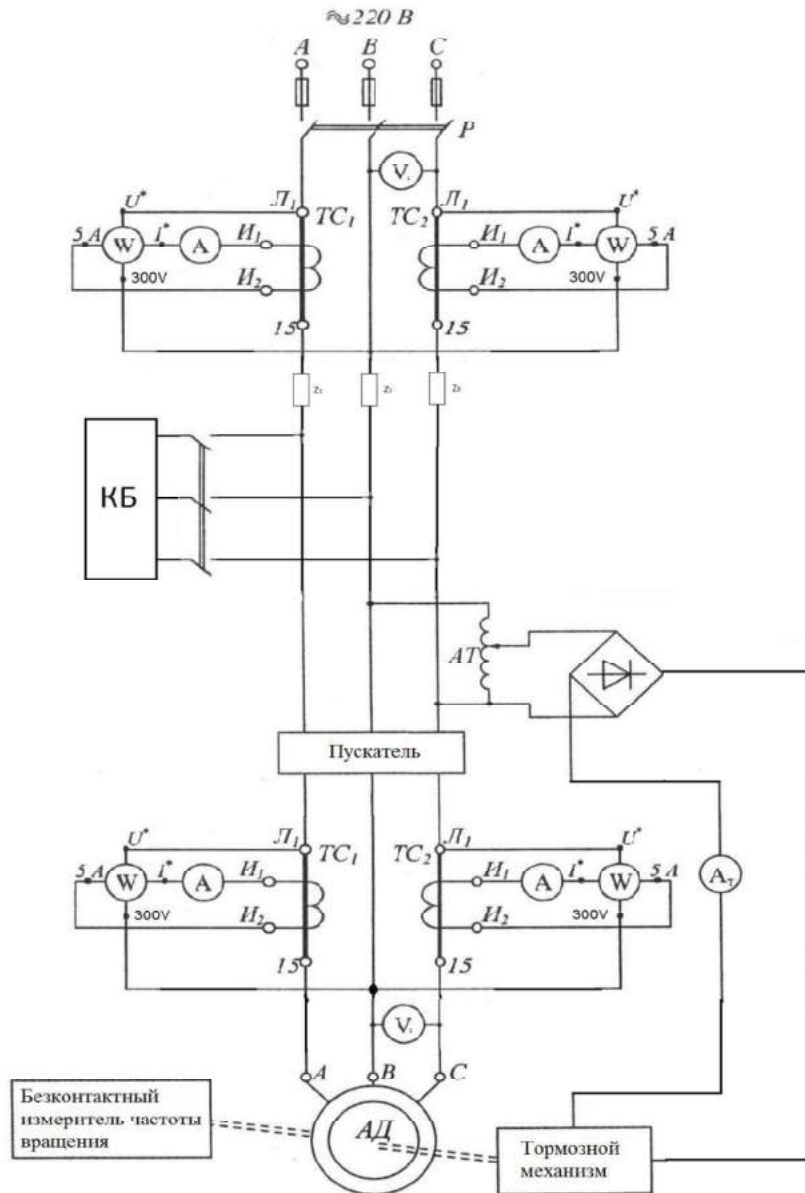


Рис. 1. Экспериментальная установка для изучения эффекта компенсации реактивной мощности

Расчеты показали, что для полной компенсации реактивной мощности исследуемого двигателя емкость конденсаторных батарей должна составлять от 110 до 130 мкФ при холостом ходе и номинальной нагрузке соответственно. Расчеты были подтверждены экспериментально, что показано на рис. 2.

Для обеспечения полной компенсации реактивной мощности в зависимости от загрузки двигателя выполнен также расчет необходимой емкости КБ для шахтных комбайновых двигателей серии ЭКВ. Полученные результаты сведены в таблицу.

Из вышесказанного следует, что при росте нагрузки необходимая емкость конденсаторных батарей увеличивается, а это говорит о необходимости ввода автоматизированной плавной системы регулирования емкости конденсаторных батарей в зависимости от загрузки (момента) двигателя. Также очевидно, что повышение коэффициента мощности ведет к уменьшению полного тока и соответственно позволяет разгрузить трансформатор. Как следует, для двигателей мощностью до 100 кВт величина стоимости компенсации реактивной энергии при перегрузке двигателя значительно отличается от номинального

Електропостачання та електроустаткування

режима его работы и режима холостого хода. Учитывая величину стоимости реактивной энергии 0,04 грн/квар, а также, что в среднем комбайновый двигатель работает 4500 часов в год окупаемость данной системы составит меньше 1 года.

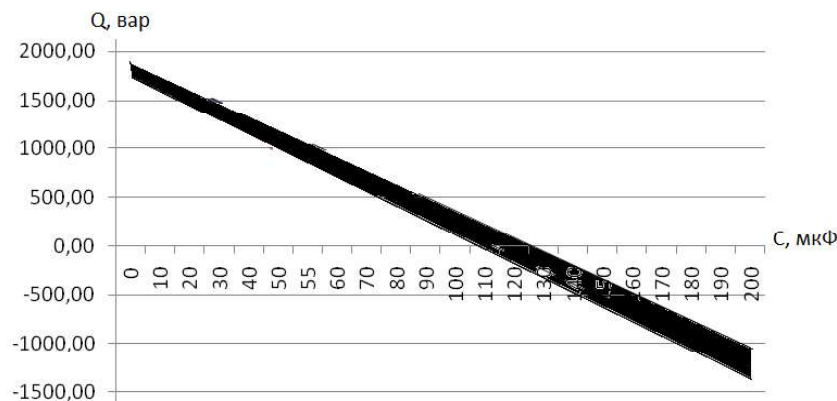


Рис. 2. Диапазон зависимости реактивной мощности, потребляемой из сети, от емкости конденсатора (получена экспериментально)

Зависимость емкости КБ от загрузки и мощности двигателя

| Тип двигателя | Номинальная мощность, кВт | Частота вращения, об/мин | Номинальное напряжение, В | Реактивная мощность, квар | Загрузка двигателя, % | КПД, % | cosφ | Необходимая емкость КБ | Фактическая емкость КБ | Стоимость КБ, грн |
|---------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------|------|------------------------|------------------------|-------------------|
| ЭКВ3-55 | 55 | 1500 | 660 | 40 | 50 | 86,5 | 0,62 | 294 | 275 | 2285 |
| | | | | 43 | 75 | 87,5 | 0,74 | 313 | 300 | 1624 |
| | | | | 49 | 100 | 87 | 0,79 | 359 | 350 | 2426 |
| | | | | 60 | 125 | 86 | 0,8 | 438 | 425 | 2566 |
| 2ЭКВ3,5-90 | 90 | 1500 | 660 | 59 | 50 | 86,8 | 0,66 | 431 | 425 | 2566 |
| | | | | 76 | 75 | 87,8 | 0,71 | 557 | 550 | 3508 |
| | | | | 74 | 100 | 87,5 | 0,81 | 544 | 525 | 3107 |
| | | | | 91 | 125 | 86,5 | 0,82 | 664 | 650 | 4050 |
| ЭКВ4-140 | 140 | 1500 | 660 | 71 | 50 | 92 | 0,73 | 521 | 500 | 3107 |
| | | | | 82 | 75 | 92,5 | 0,81 | 601 | 600 | 3248 |
| | | | | 94 | 100 | 92 | 0,85 | 690 | 675 | 4451 |
| | | | | 114 | 125 | 91 | 0,86 | 834 | 825 | 4731 |
| ЭКВ4УС2 | 160 | 1500 | 660 | 87 | 50 | 91,5 | 0,71 | 634 | 625 | 3649 |
| | | | | 98 | 75 | 92 | 0,8 | 715 | 700 | 3789 |
| | | | | 113 | 100 | 91,4 | 0,84 | 827 | 825 | 4731 |
| | | | | 131 | 125 | 90,5 | 0,86 | 959 | 950 | 5674 |
| ЭКВ3,5-180 | 180 | 1500 | 660 | 96 | 50 | 88 | 0,73 | 700 | 700 | 3789 |
| | | | | 110 | 75 | 89 | 0,81 | 803 | 800 | 4330 |
| | | | | 125 | 100 | 89 | 0,85 | 916 | 900 | 4872 |
| | | | | 152 | 125 | 88 | 0,86 | 1109 | 1100 | 5954 |
| ЭКВ4-250 | 250 | 1500 | 660 | 114 | 50 | 94 | 0,76 | 831 | 825 | 4731 |
| | | | | 132 | 75 | 95,5 | 0,83 | 965 | 950 | 5674 |
| | | | | 148 | 100 | 95,5 | 0,87 | 1085 | 1075 | 6616 |
| | | | | 178 | 125 | 94,5 | 0,88 | 1305 | 1300 | 7037 |

Електропостачання та електроустаткування

Таким образом, при подключении КБ к зажимам двигателя разгружается питающая сеть, что немаловажно при большой протяженности питающей линии. Относительно подземных потребителей, это позволяет существенно снизить потери энергии в трансформаторе и уменьшить нагрузку на магистральные и ствольные кабели, а также соответственно повысить надёжность работы оборудования в производственном процессе, снизить шансы его простоя в случае внештатных ситуаций, сэкономить денежные средства, затрачиваемые на потребление электроэнергии.

Довольно интересным будет и создание автоматизированной системы индивидуальной компенсации в зависимости не только от момента, но еще и от уровня напряжения на зажимах двигателя, т.е. при пониженном напряжении система должна сама подключать дополнительные КБ.

В данной статье рассмотрен процесс выбора емкости КБ для установившегося режима. Однако следует исследовать переходные процессы, так как при индивидуальной компенсации возможно возникновение режима емкостного самовозбуждения, сопровождающегося повышением напряжения на зажимах двигателя выше номинального, а также возникновение коммутационных перенапряжений и бросков зарядных токов при включении АД с КБ. В связи с этим возникает задача определения границ емкостного возбуждения в автономной системе АД-КБ, а также в системе электроснабжения производства.

Выводы

Применение индивидуальной компенсации реактивной мощности весьма актуально. Это позволяет не только регулировать баланс мощностей, но и разгружать трансформаторы, кабельную линию, снижать потери энергии в трансформаторах, увеличивать расстояние от источника энергии (ЦПП) до понижающего трансформатора, уменьшать необходимую мощность трансформатора, и соответственно потери энергии при ее передаче. Но при внедрении данной системы возникают следующие задачи: необходимо дополнительно изучить эффект перекомпенсации, самовозбуждения и этапы создания автоматизированной системы регулирования емкости КБ.

Список литературы

1. Справочник по электрическим машинам: в 2т./под общ. Ред. И.П. Копылова и Б.К. Клопова.- М.: Энергоатомиздат, 1988.-456с.:ил.
2. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина.-М.: Энергоатомиздат, 1990.-576 с.
3. Чугунов А.К. Оценка эффективности вариантов включения конденсаторных батарей при компенсации реактивной мощности, потребляемой трансформатором / Чугунов А.К.// Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.-техн.зб.-2009.-2010.-№84 с. 187-189.

Рекомендовано до друку проф. Разумним Ю.Т.