

УДК 621.316.016.25

ВЛИЯНИЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПУСКОВЫЕ ТОКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Дабаров, к.т.н.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

Компенсация реактивной мощности (КРМ) имеет большое значение для энергосбережения и энергетики в целом, она способствует уменьшению потерь электроэнергии, уменьшению отклонения напряжения от нормативных значений, увеличению устойчивости энергосистемы и т. д. [1] Попробуем оценить влияние КРМ на запуск асинхронных двигателей. КРМ позволяет снизить реактивную составляющую потребляемого двигателем тока, что и приводит ко всем положительным эффектам – реактивная мощность (РМ) доставляется двигателю не от энергосистемы, а непосредственно от устройства КРМ, располагающегося существенно ближе, чем генераторы электростанций. Логично предположить, что правильно подобранное устройство КРМ может позволить снизить реактивную составляющую не только тока в установившемся режиме, но и пускового тока. Разумеется, понятие РМ было введено для установившегося режима в цепях переменного синусоидального тока [2]. Однако, в ряде работ [3, 4] были приняты предположения, распространяющие понятие РМ на цепи несинусоидального тока, а также на переходные процессы. Ранее автором было разработано программное средство, позволяющее производить моделирование процесса КРМ в динамических режимах работы электродвигательной нагрузки [5]. Используя данную программу, можно проверить потребление РМ во время переходного процесса, в частности, во время пуска двигателя.

Рассмотрим простейшую схему, в которой присутствуют асинхронный двигатель с присоединённым к нему устройством КРМ, питаемые через кабель от энергосистемы напряжением 6 кВ (рис. 1).

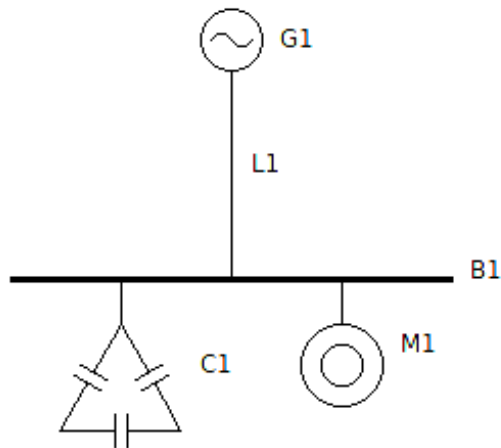


Рис. 1. Моделируемая схема

Моделируемый двигатель: ВАО650L4 мощностью 630 кВт, рассмотрим его работу при номинальной нагрузке (рис. 2-4). Сопротивление кабеля для моделирование выбрано таким, что пусковой ток двигателя без КРМ создаёт падение напряжения порядка 5% от номинального. Этому параметру не придавалось большое значение, поскольку на пусковой ток он влияет незначительно.

С помощью программного средства [5] были подобраны оптимальные параметры устройства компенсации в установившемся режиме – 20 мкФ, и во время переходного процесса – 163 мкФ. При подборе этого параметра использовался критерий – минимальная величина реактивной мощности, потребляемой из системы.

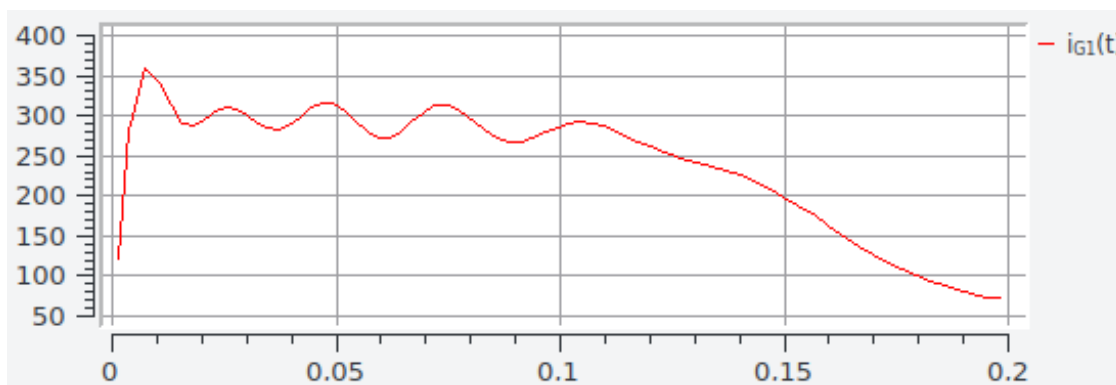


Рис. 2. Пусковой ток без КРМ

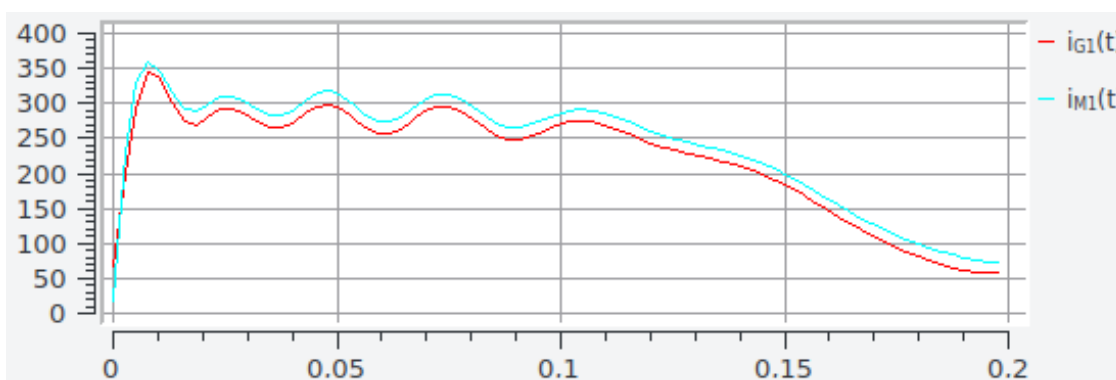


Рис. 3. Ёмкость устройства КРМ 20 мкФ

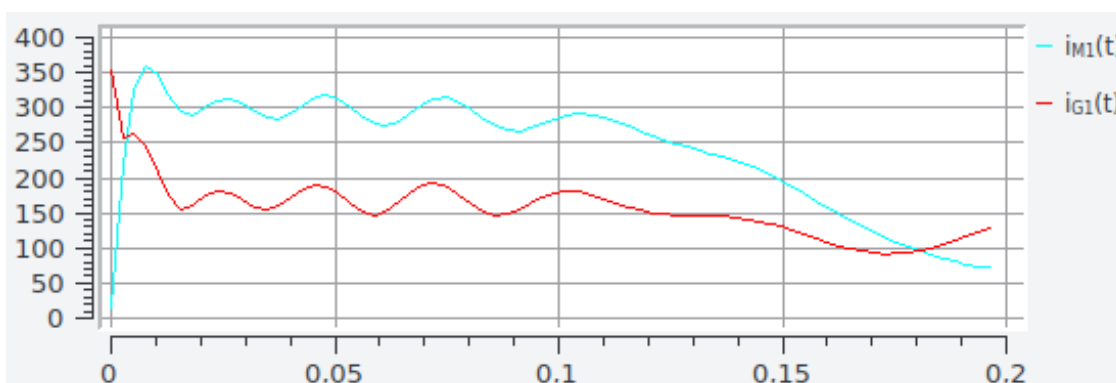


Рис. 4. Ёмкость устройства КРМ 163 мкФ

На графиках представлены токи двигателя и энергосистемы в первые 0,2 с от начала запуска двигателя. Из графиков видно, что без КРМ пусковой ток составлял приблизительно 300 А, при использовании КРМ, мощность которого была подобрана для установившегося режима при номинальной нагрузке двигателя (20 мкФ), пусковой ток снизился незначительно. При детальном рассмотрении оказалось, что на 6%. При использовании устройства КРМ, подобранного для пускового режима двигателя (163 мкФ), ток снизился примерно до 170 А, что составляет 40% при более детальном рассмотрении графиков. Также рассматривались другие варианты КРМ, было выявлено, что 163 мкФ приблизительно соответствует минимуму пускового тока (более точный подбор не проводился, из-за необходимости разрабатывать алгоритм выбора устройства КРМ исходя из критерия минимума пускового тока).

Из проведённых численных экспериментов можно сделать вывод, что КРМ позволяет снизить пусковые токи асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, однако наибольшее его снижение возможно при использовании устройства КРМ значительно большей ёмкости, чем требуется для КРМ в установившемся режиме. Следовательно, при подключении такого устройства, произойдёт снижение тока во время запуска двигателя, но в установившемся режиме будет иметь место значительная перекомпенсация, что приведёт к существенному увеличению тока. В связи с этим устройство КРМ может потребоваться только во время пуска, после чего оно должно быть отключено, в этом заключается сложность подобного способа снижения пускового тока. Кроме того, ёмкость, а, соответственно, и мощность устройства КРМ для пускового режима необходима значительно больше, чем для установившегося режима, что ставит под сомнение такое применение КРМ в связи с удорожанием системы. Однако, в некоторых случаях такой подход может оказаться полезным, например, при вводе в эксплуатацию двигателя, мощность которого не позволяет его подключить к существующей системе электроснабжения из-за значительной величины пусковых токов. Тогда, вместо реконструкции системы электроснабжения, потребуются лишь ввод устройства КРМ большой мощности. Также дополнительное устройство КРМ может использоваться для группы двигателей, подключённых к одной системе электроснабжения, что снизит общую стоимость.

В данном исследовании также были проведены опыты для определения влияния КРМ на падение напряжения в системе и на время запуска двигателя. Исходя из закона Ома следует, что падение напряжение пропорционально току, это показывают и численные эксперименты, т. е. в случае падения напряжения на 5%, оно будет снижено до 3% при использовании КРМ. На время запуска КРМ не оказывает никакого влияния: отклонения времени запуска при численных экспериментах были в пределах погрешности.

Список литературы:

1. Герасименко, А. А. Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии : монография / А. А. Герасименко, В. Б. Нешатаев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 218 с.
2. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс] : учеб. пособие – Электрон. Дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2009. – 592 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90>. – Загл. с экрана.
3. Агунов, А. В. Управление качеством электроэнергии при несинусоидальных режимах. СПб.: СПбГМТУ, 2009. 134 с.
4. Дабаров, В. В. Компенсация реактивной мощности в динамических режимах работы электродвигательной нагрузки : монография / Кемерово : КузГТУ, 2014. – 100 с.
5. Дабаров В. В. Система моделирования и оптимизации процесса компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения с

электродвигательной нагрузкой. / Свидетельство о государственной
регистрации программы для ЭВМ №2012618437. 2012.