

## ОЦЕНКА ПУСКОВЫХ АНОМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Практика эксплуатации асинхронных двигателей (АД) свидетельствует о том, что 80% их аварий происходит из-за отсутствия или неисправности аппаратов защиты, несоответствия характеристик двигателя и средств его защиты. При этом важно оперативно обнаружить нарушения в работе двигателя для своевременного его отключения. Особенно актуальна задача выявления неисправностей, возникших в отключенном состоянии. Тогда уже при пуске двигателя можно предупредить возможную аварийную ситуацию и предотвратить выход из строя АД до достижения им установившегося рабочего режима. Ниже дается оценка возможности создания защиты АД на стадии его пуска.

Оценка значений параметров асинхронных машин в режимах нормального пуска, холостого хода, номинальной нагрузки и сравнения их с режимами при витковых и межфазных замыканиях в обмотках статора, позволяет выявить внутренние замыкания в обмотках асинхронных двигателей по факту выхода значений R-L параметров за установленные пределы. Общая эквивалентная входная индуктивность контролируемого электродвигателя относительно его зажимов, измерения которой доступны непрямыми методами, содержит информацию о его состоянии.

Главная индуктивность фазы статора  $L_A$  и ротора  $L_a$  определяется геометрическими размерами зазора, магнитными свойствами среды зазора ( $\mu_0$ ) и обмоточными данными обмотки статора и ротора. При возникновении витковых замыканий, которые сопровождаются уменьшением числа витков, главная фазная индуктивность поврежденной обмотки уменьшается [1].

Межфазные и однофазные короткие замыкания на выводах обмоток статора приводят к практически полному ее шунтированию. При этом активное сопротивление и главная индуктивность поврежденных фаз электродвигателя становятся намного меньше соответствующих параметров в нормальных режимах.

Трехфазный асинхронный электродвигатель для целей выявления внутренних коротких замыканий можно представить тремя R-L двухполюсниками без взаимных индуктивностей (рис. 1).

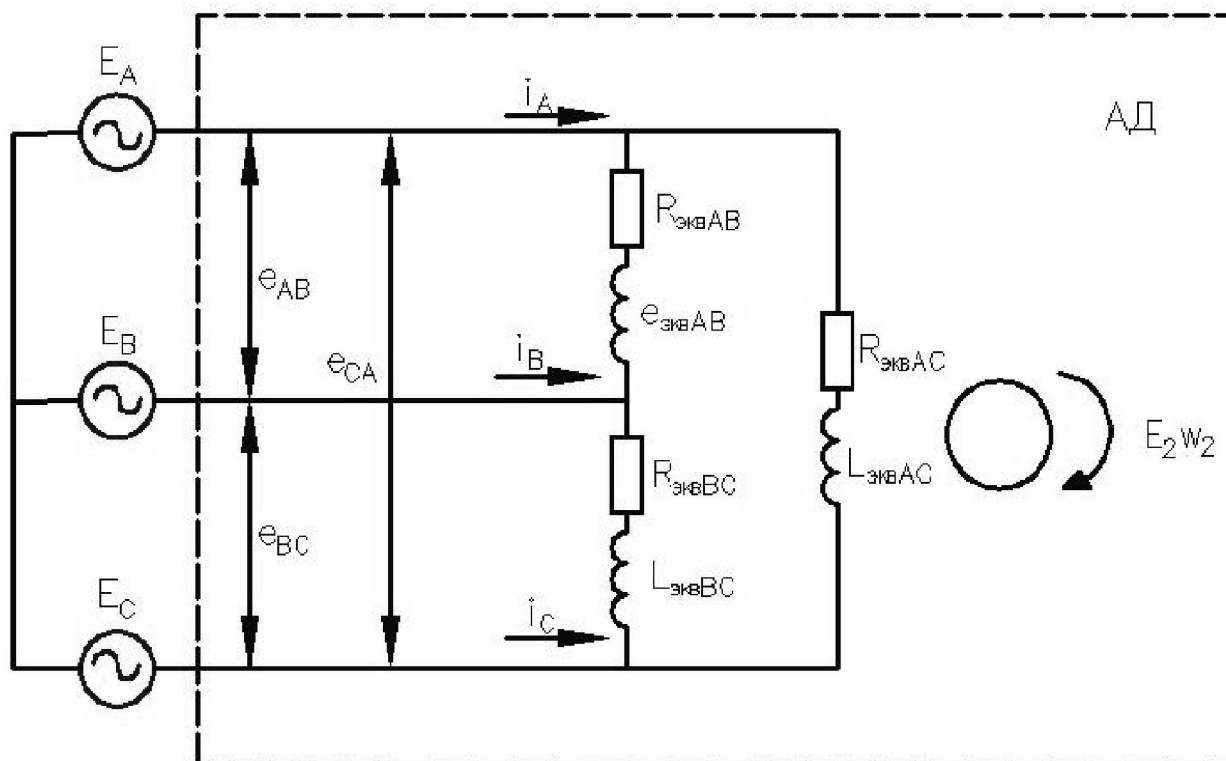


Рис. 1. Схема замещения трехфазного АД

Межфазные мгновенные значения напряжения можно выразить через межфазные токи для контролируемого защитой электродвигателя

$$u_{AB} = R_{\text{ЭКВ}AB} i_{AB} + L_{\text{ЭКВ}AB} \frac{di_{AB}}{dt}$$

$$u_{BC} = R_{\text{ЭКВ}BC} i_{BC} + L_{\text{ЭКВ}BC} \frac{di_{BC}}{dt}$$

$$u_{CA} = R_{\text{ЭКВ}CA} i_{CA} + L_{\text{ЭКВ}CA} \frac{di_{CA}}{dt}$$

На схеме и в уравнениях приняты обозначения:

$R_{\text{ЭКВ}AB}, R_{\text{ЭКВ}BC}, R_{\text{ЭКВ}CA}$  и  $L_{\text{ЭКВ}AB}, L_{\text{ЭКВ}BC}, L_{\text{ЭКВ}CA}$  - значения эквивалентных активных сопротивлений и индуктивностей статора, соответственно;  
 $u_{AB}, u_{BC}, u_{CA}$  и  $i_{AB}, i_{BC}, i_{CA}$  - мгновенные значения межфазного напряжения и э.д.с, соответственно;  
 $i_{AB}, i_{BC}, i_{CA}$  - мгновенные значения межфазных токов в обмотке статора.

Значение R-L параметров, которые входят в эти уравнения как постоянные величины, позволяют судить о состоянии контролируемого электродвигателя.

Поскольку любое внутреннее короткое замыкание в обмотке статора вызывает уменьшение общей входной эквивалентной индуктивности, то защита может быть реализована на пороговом принципе.

Условия срабатывания защиты:

$$L_{\text{ЭКВ}} < L_{\text{ДОП}}$$

$$R_{\text{ЭКВ}} < R_{\text{ДОП}}$$

или

$$L_{\text{ЭКВ}} < K_3 L_{\text{ДОП}}$$

$$R_{\text{ЭКВ}} < K_3 R_{\text{ДОП}}$$

Здесь  $L_{\text{ДОП}}$  и  $R_{\text{ДОП}}$  - допустимые значения общих эквивалентных входных индуктивностей и активного сопротивления контролируемого электродвигателя;  $K_3$  - коэффициент запаса ( $K_3 < 1$ ).

Наибольший рабочий ток возникает в обмотке статора при пуске электродвигателя, когда ротор неподвижен и скольжение равняется единице. По мере разгона электродвигателя уменьшается скольжение и увеличивается активная составляющая сопротивления ротора. В результате этого уменьшается фазовый угол и снижается ток ротора и статора [2,3].

В начале процесса разгона коэффициент мощности составляет 0,4 - 0,5 (фазовый угол  $70^\circ$ - $60^\circ$ ). В завершающей стадии при пуске с нагрузкой он приближается к номинальному значению 0,8-0,85 (фазовый угол  $36^\circ$ - $30^\circ$ ). Если же электродвигатель запускается без нагрузки, то после некоторого повышения в завершающей стадии пуска, коэффициент мощности снижается к уровню, определяемому режимом холостого хода [4].

Изменение активного сопротивления ротора в процессе пуска происходит не только из-за изменения скольжения, но и в связи с проявлением эффекта вытеснения тока в стержнях обмотки ротора при изменении частоты тока ротора [2].

Определение эквивалентных параметров при нормальных режимах работы с целью выбора уставок в реальном устройстве может проводиться опытным путем на исправном электродвигателе при пробном пуске.

### Литература

1. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. - М.: Энергоиздат, 1984, 240 с.
2. Мусин А.М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. - М.: Колос, 1979.
3. Гольдберг О.Д., Абдуллаев. Автоматизация контроля параметров и диагностика асинхронных двигателей. - М.: Энергоатомиздат. - 1991.
4. Воронин И.А., Лисецкий Н.В., Богдан А.В. Изменения величин и фаз токов при внутренних КЗ в АД. //Электротехника: Сб.науч. тр. - Алма-Ата: Каз. ПТИ. 1976 - Вып.3 -с.25-28