

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Н. Г. ШИКИЯН

ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ
ДВУХ ЧАСТОТ

Испытание асинхронных двигателей (АД) на нагрев обычно проводится при непосредственной нагрузке [1]. Полная установленная мощность питающих и нагрузочных машин, обеспечивающих номинальный режим при испытании на нагрев с отдачей энергии в сеть, более чем в 5 раз превышает номинальную мощность испытуемого АД. Для непосредственной нагрузки крупных АД (более 500 кВт) оснащение испытательной станции требует значительных капиталовложений и площадей, а расход электроэнергии даже при условии, что мощность АД отдается в сеть, получается значительным. Стыковка испытуемой и нагрузочной машин связана с большими потерями времени и в ряде случаев может оказаться практически невозможной (пертикальное исполнение).

Известен ряд методов, позволяющих на холостом ходу АД создавать в нем потери, близкие к номинальным, и в этом режиме проводить испытание на нагрев. Для крупных АД удобен метод питания от двух источников мощности разных частот: основного (с номинальной частотой f_n) и дополнительного (с частотой $f_x < f_n$) [2, 3].

При методе двух частот между синхронным генератором основной частоты (ОСГ), вращаемым синхронным двигателем (СД), и испытуемым асинхронным двигателем (ИАД) включен синхронный генератор дополнительной частоты (ДСГ), вращаемый двигателем постоянного тока (ДПТ) (рис. 1, а). Подключать ДСГ можно также через трансформатор (рис. 1, б). По отношению к ОСГ ИАД работает в режиме двигателя на холостом ходу, а по отношению к ДСГ — в режиме асинхронного генератора. При этом возникают колебания частоты вращения ротора ИАД, а также тока, напряжения и мощности с частотой $\Delta f = f_n - f_x$, которые зависят от отношений f_x/f_n и U_x/U_n . Путем регулирования возбуждения обоих генераторов, а также частоты вращения ДСГ, можно установить номинальный ток ИАД при его номинальном напряжении. При этом потери в статоре и роторе оказываются близкими к потерям номинального режима [2, 3]. Таким образом, можно создать условия нагрева ИАД, близкие к условиям номинального режима при непосредственной нагрузке.

Для реализации метода подбор генераторов по [3] рекомендуется производить из следующих соображений.

1. Номинальные напряжения ОСГ и ИАД должны быть одинаковыми или близкими. Номинальная мощность ОСГ должна быть не менее, чем ИАД.

2. Номинальный ток ДСГ должен быть не менее, чем ИАД, а номинальное напряжение может составлять 25 ... 30% номинального напряжения ИАД. Для схемы на рис. 1, а корпусная изоляция обмотки статора ДСГ должна быть рассчитана на номинальное напряжение ИАД, а для схемы на рис. 1, б она может быть выполнена на более низкое напряжение.

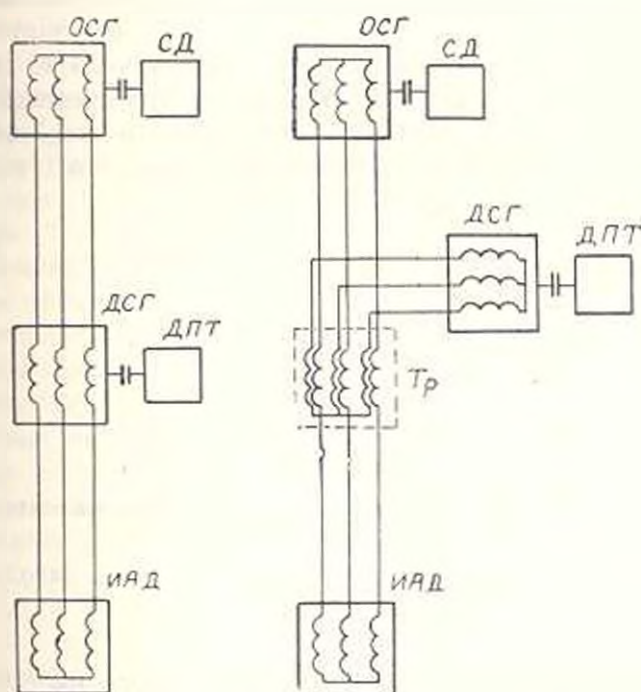


Рис. 1. Схема испытания АД методом двух частот: а) непосредственное включение машин; б) включение через добавочный трансформатор.

ОСГ вырабатывает за вычетом потерь в ИАД реактивную мощность, служащую для создания магнитного поля в ИАД, поэтому мощность СД меньше мощности ОСГ в 2 ... 2,5 раза. Мощность ДПТ может быть по той же причине меньше, чем ДСГ, однако для устойчивости работы системы желательно иметь ДПТ той же мощности, что и ДСГ.

В итоге установленная мощность машины испытательной станции приблизительно в 2,5 раза больше мощности ИАД, что значительно меньше мощности при возврате энергии в сеть. Недостатки метода двух частот заключаются в том, что колебания частоты вращения ИАД вызывают также колебания величин напряжения, тока и мощности. Это приводит к вибрации машин и затрудняет измерение электрических ве-

личии вследствие колебаний стрелок обычных приборов. Поэтому в [3] рекомендуется для улучшения возможности отсчета применять приборы специальных систем. Сам вопрос понижения вибрации машины в известной нам литературе не рассматривается.

Для проверки и выяснения особенностей применения метода двух частот проведены испытания двигателя небольшой мощности с короткозамкнутым ротором типа А51-4 (4,5 кВт, 380/220 В, 1440 об/мин, 50 Гц) по схеме на рис. 1, б. В качестве ОСГ использовался синхронный генератор типа ЕС52-4 (5 кВт, 230 В, 1500 об/мин, 50 Гц), а в качестве ДСГ — синхронный генератор типа МСА-72/4 (12 кВт, 400 В, 1500 об/мин, 50 Гц), подключенный через трансформатор (15 кВА, 380/220 В).

Роторы ОСГ и ДСГ не имели демпферных обмоток. Возбуждение этих генераторов осуществлялось от независимых регулируемых источников питания. Регулирование скорости вращения ДПГ, приводящего во вращение ДСГ, позволяло изменять частоту f , в пределах 25 ... 50 Гц.

Опыты проводились при разных значениях дополнительной частоты в интервале $f_2 = 29 \dots 45$ Гц и номинальном токе ИАД (по среднему положению колеблющейся стрелки (рис. 2)).

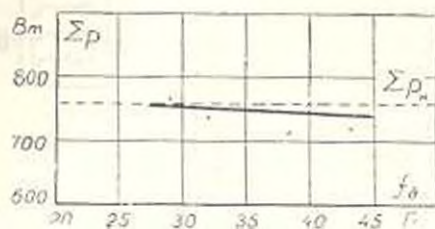


Рис. 2. Зависимость полных потерь АД от добавочной частоты.

Полные потери номинального режима (согласно заводскому щитку КПД равен 0,855) составляют:

$$\Sigma p_n = \frac{P_n}{\eta} - P_n = \frac{4500}{0,855} - 4500 = 760 \text{ Втм.}$$

Из рис. 2 следует, что при номинальном напряжении тока и питании от двух источников мощности разных частот потребляемая мощность, равная полным потерям ИАД, мало изменяется в указанном интервале частоты f_2 и приблизительно равна потерям номинального режима. При частотах $f_2 > 45$ Гц потребляемая мощность уменьшалась. Пределы колебаний стрелок амперметров составляли приблизительно 5% среднего положения, а вольтметров и ваттметров — не более 3%. За показание прибора принималось среднее положение стрелки.

Среднее превышение температуры обмотки статора ИАД, определенное методом сопротивления, составило 67° С, а в опыте непосредственной нагрузки того же двигателя — 63,4° С. Частота вращения ИАД была больше номинальной (приблизительно 1470 об/мин). Вибрация ИАД по грубой оценке была не большей, чем в режиме непосредствен-

ной нагрузки, для питающих генераторов была более ощутимой, а при частотах $f_2 > 40$ Гц она заметно возрастала.

При методе двух частот к потерям нормального рабочего режима АД прибавляются дополнительные потери, вызванные биеениями электрических величин. Потери в статоре определяются, главным образом, напряжением и током основной частоты и поэтому остаются практически неизменными в условиях опыта. Потери в роторе состоят из потерь в обмотке, зависящих от эффекта вытеснения тока в пазу ротора, и потерь в стали, зависящих от амплитуды и состава гармоник поля в зазоре.

В двигателях небольшой мощности при частотах тока в роторе $f_2 \approx f_n - f_1 = 50 - (29 \dots 45) = 21 \dots 5$ Гц эффект вытеснения проявляется слабо из-за малой глубины паза и относительно высокого удельного сопротивления материала стержней. Поэтому в указанном интервале частоты f_2 потери в обмотке ротора остаются практически неизменными. Некоторое увеличение полных потерь ИАД при уменьшении частоты f_2 (рис. 2) объясняется, по-видимому, увеличением потерь в стали ротора.

В двигателях большой мощности, имеющих глубокие пазы и стержни из меди, эффект вытеснения значительно сильнее. Поэтому в указанном интервале частот потребляемая мощность будет увеличиваться более резко с уменьшением f_2 и все более отличаться от потерь номинального режима.

Описанный метод представляет интерес, в частности, для испытания крупных АД типа ДАЗО, выпускаемых в Арм.ССР (ПО «Армэлектромаш»), где намечается создание испытательной станции для АД свыше 3000 кВт.

Выводы

1. Испытание на нагрев АД может проводиться методом двух частот взамен метода непосредственной нагрузки. В этом методе превышение температуры обмотки статора несколько больше ($4^\circ - 8^\circ$ С), чем при непосредственной нагрузке, но его можно отнести в запас по нагреву.

2. Для измерения модулированных электрических величин в данном режиме можно использовать также обычные универсальные приборы, которые обладают относительно большой инерционностью подвижной системы.

3. Для крупных АД испытание методом двух частот целесообразно проводить при возможно больших значениях частоты f_1 , предположительно $f_1 = 40 \dots 45$ Гц.

4. Значительные вибрации питающих генераторов в опытах вызваны отсутствием демпферных обмоток и для их уменьшения желательно применять машины с полными демпферными обмотками.

5. При испытании на нагрев применение метода позволит заметно уменьшить стоимость питающих агрегатов, сократить, приблизительно, в 2 раза расход электроэнергии и значительно уменьшить трудоемкость подготовительных работ.

ԷՐԻՒՒ իմ. Կ. Մարքս

25.1.1982

Ն. Գ. ՆԻԿԻՅԱՆ

ԱՍԻՆԽՐՈՆ ՇԱՐԺԻՉՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄԸ ՆՐԿՈՒ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

Ա մ փ ո փ ս ո մ

Պարապ ընթացքի սեփական ափսխարոն շարժիչի տարրեր համախաղանություններով ևրկու հզորության աղբյուրներից սնման եղանակը, որի ժամանակ շարժիչում անջատվում են բեռնավորման սեփական համապատասխան կորուստներ, կարող է օգտագործվել անմիջական բեռնավորման եղանակի փոխարեն՝ շարժիչի ըստ տաքացման փորձարկումների ժամանակ: Դիտարկված են ևրկու համախաղանությունների եղանակի սխեմաներն ու օգտագործման առանձնահատկությունները: Նկարագրված է այս եղանակով ու մեծ հզորության ափսխարոն շարժիչի փորձարկումը: Մեծ հզորության շարժիչների փորձարկման դեպքում չափիչ գործիքների և սնող ղեկնրատորների բնարման համար տրված են համապատասխան խորհուրդներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Жерде Г. К. Промышленные испытания электрических машин — М.: ГЭИ. 1959.— 504 с.
2. Экспресс-информация. Электрические машины и аппараты, 1976, № 25, с. 1—12.
3. Kron A. W. Messungen an Asynchronmotoren bei bifrequenter Speisung. — ETZ, Ausgabe A, Heft 2, 1973, s. 77—82.