

### 5.7. Осаждённая вода.

Обмотки статора повреждаются влагой (водой) по причине осаждения водяных паров на поверхности проводников. Имеет смысл рассмотреть это событие с научной точки зрения.

#### Физический смысл происходящего.

Рассмотрим случай выпадения «росы» на примере «воздуха № 2», согласно DIN IEC 721-2-1, по упрощенным его диаграммам состояния. Линии на диаграмме (приведены две линии состояний для наглядности) показывают уравновешенные состояния двух систем влажности и воздуха. Абсолютная влажность «X», то есть наличие водяных паров, одной из систем в точке «В» достигает  $30 \text{ г/м}^3$  при  $60 \text{ C}^\circ$ . При этом воздух мало насыщен водяным паром, и относительная влажность воздуха составляет приблизительно 20%. Относительная влажность  $\phi$  – это отношение данного содержания водяных паров к наибольшему возможному содержанию при данной температуре. Только при температуре  $30 \text{ C}^\circ$  «воздух № 2» достигнет предела насыщения, и  $\phi$  будет равно 100%. При дальнейшем понижении температуры весовое количество водяного пара не может оставаться неизменным: часть водяного пара выпадет в виде росы. Выберем точку «А» на кривой для замкнутой системы влаги и воздуха с абсолютной влажностью  $30 \text{ г/м}^3$  при  $40 \text{ C}^\circ$ . Если и сосуд и его содержимое резко охладить до  $10 \text{ C}^\circ$  (этому состоянию соответствует точка «В» на рисунке), то водяной пар в данном объёме воздуха достигнет полного насыщения (этому состоянию соответствует точка «С» на рисунке), то есть  $\phi=100\%$  при содержании влаги  $10 \text{ г/м}^3$ . Весовая убыль насыщенных паров составит  $\Delta X=30 \text{ г/м}^3-10 \text{ г/м}^3=20 \text{ г/м}^3$  в виде росы на внутренних стенках сосуда (Рисунок 5.16.).

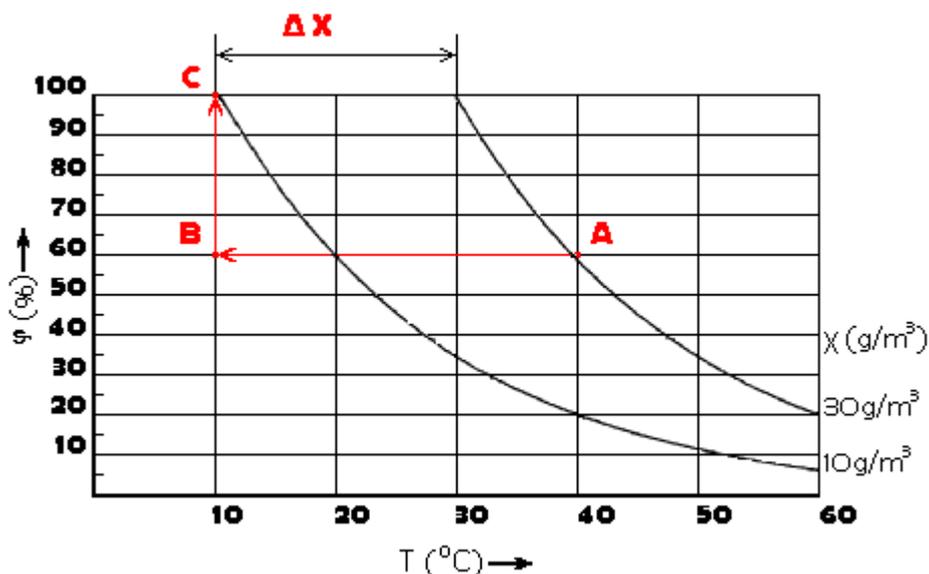


Рисунок 5.16. Упрощенная диаграмма состояния для влажности «воздуха № 2» согласно нормам DIN IEC 721-2-1.

X – абсолютная влажность воздуха.

$\phi$  – относительная влажность воздуха.

T – температура воздуха.

#### Содержание водяного пара.

Абсолютная влажность в природе колеблется приблизительно между  $5 \text{ г/м}^3$  (показатель для северной Европы) и  $30 \text{ г/м}^3$  (показатель для Экватора). Абсолютная влажность – это содержание воды в виде водяного пара (единица измерения - грамм) в единице объёма, выраженного через  $\text{м}^3$ . Эти примеры

показывают два крайних случая содержания водяных паров в воздухе. Согласно предоставленным вычисленным внутренним объемам «V» двигателей для типоразмеров с 71 по 200 имеем, что наибольшее содержание парообразной воды соответствует 600 миллиграммам для типоразмера 200 (Рисунок 5.17.). И только часть этой воды выпадет в осадок.

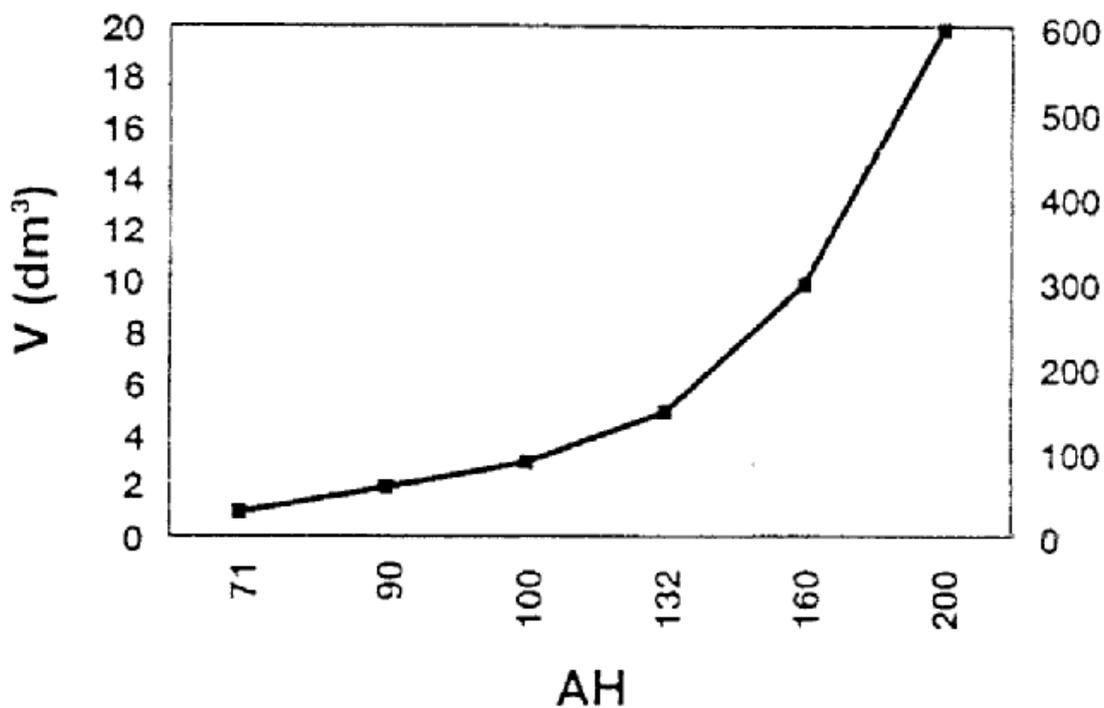
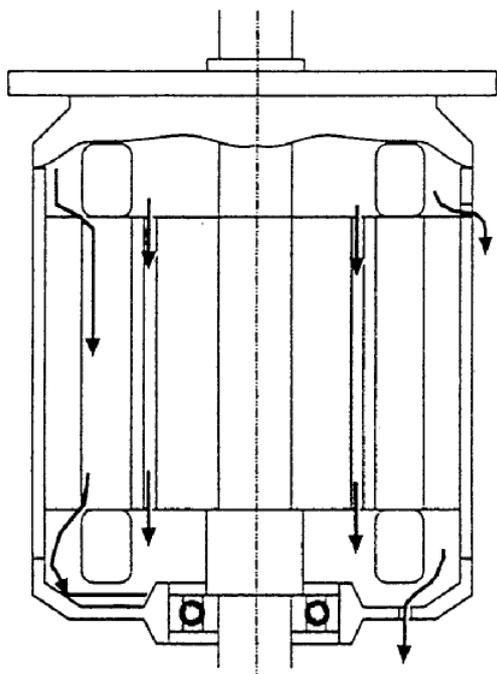


Рисунок 5.17. поверочные значения для свободного внутреннего пространства [V] при наибольшем содержании воды для электродвигателей различного типоразмера.

Само собой разумеется, что часто сменяемые оттепели с похолоданиями приведут к накоплению воды в виде осадка и разрушению обмоток этой водой. Для борьбы с этим явлением применяются сточные отверстия.



### Меры защиты от выпадения воды в виде росы.

Водяной пар не должен достигать насыщения в окружающей среде.

Не допускать, чтобы детали, в том числе обмотки статора, покрывались пленкой воды.

В сочетании со сточными отверстиями должны применяться изоляционные материалы влагонепроницаемые, не гигроскопичные.

Удаление оборудования из мест возможного скапливания воды.

В крайних случаях при не достаточной продувке статора из-за резкого и значительного перепада температур окружающей среды. В двигателях средней и большой мощности предусмотрена защита от перегрева в виде вплетённого в обмотку статора датчика. Для двигателей малого типоразмера обмотка статора увеличена на 20% от расчётной величины для данного питающего напряжения.

В особом случае используется специальная вставка (Рисунок 5.20.), которая способствует проветриванию двигателя: она за счёт разрежения высасывает и собирает водяной пар. Это устройство в совокупности со сточным отверстием увеличивает уровень «IP». «IP» - степень защиты от пыли, воды и от случайного прикосновения.

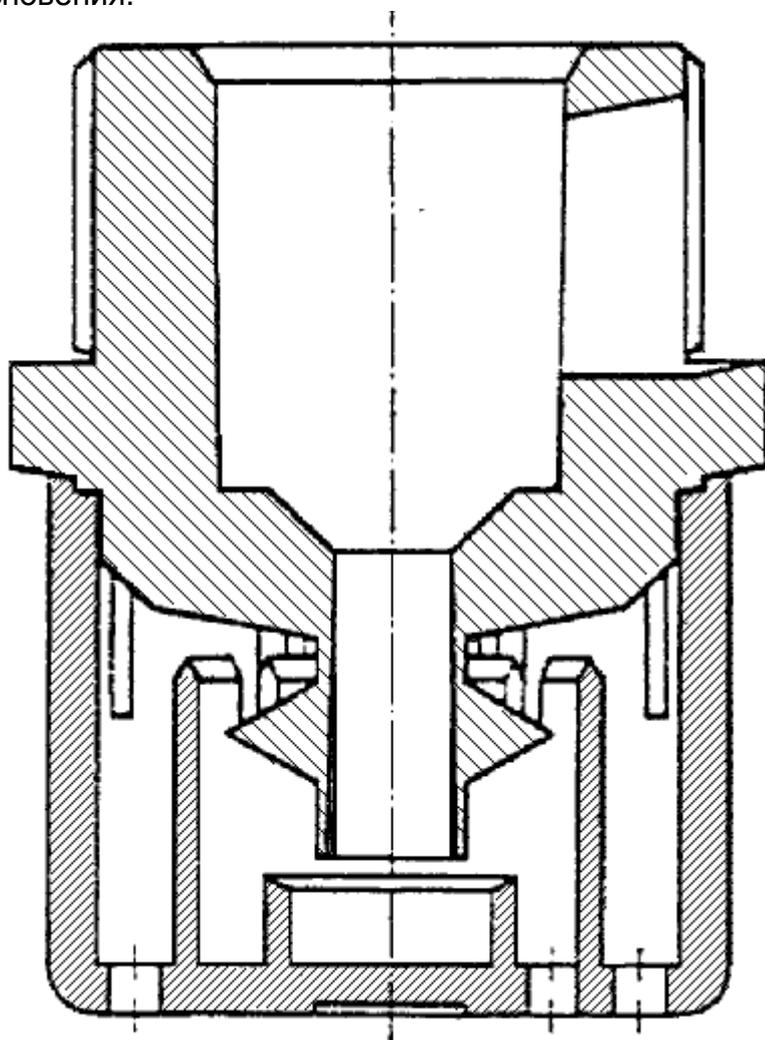


Рисунок 5.20. Спецвставка.

Практика показала, что при соблюдении всех мер безопасности можно отказаться от сливного отверстия. Во время опроса среди производителей, проведённого в 1973 году в Германии, более 80% серийных закрытых трёхфазных моторов может выпускаться со сточными отверстиями, но подобного рода

исполнение для двигателя на сегодня рассматривается, как пожелание или исключение.

### 5.8. Влажность.

В окружающем нас воздухе всегда имеется некоторое количество воды в виде пара. Как уже говорилось ранее, что колебания «абсолютной влажности» в природе изменяются в пределах, примерно, от  $5 \text{ г/м}^3$  (показатель для северной Европы) и  $30 \text{ г/м}^3$  (показатель для Экватора). С увеличением температуры воздуха может увеличиваться и его влажность. Способность вещества содержать влагу называется водовместимостью или гигроскопичностью. Перенасыщение электрокартона (прессшпана) водой может достигать 15% (смотри рисунок 5.22.).

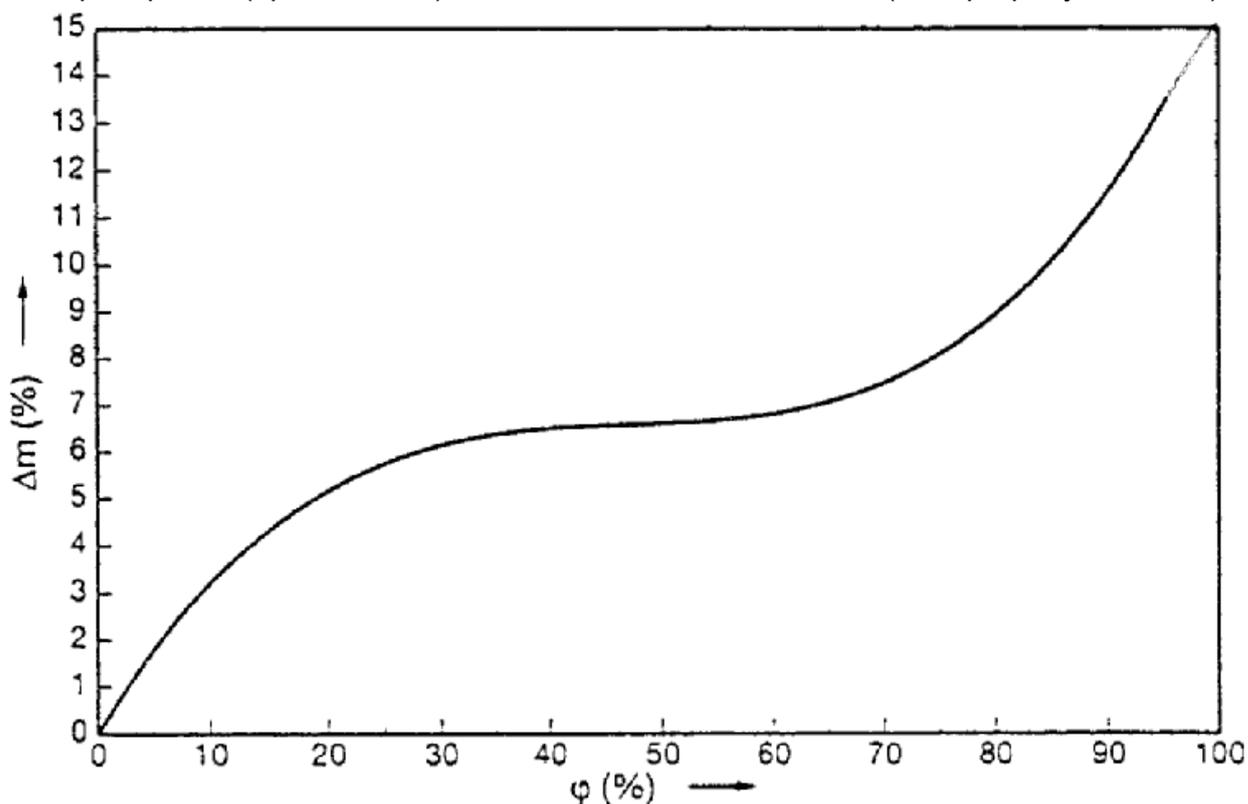


Рисунок 5.22. Водовместимость « $\Delta m$ » [%] прессшпана (электрокартона) при его содержании в окружающей среде с различными относительными влажностями « $\varphi$ ».

По линии графика прослеживается увеличение влаги в изолирующем материале при увеличении влажности окружающей среды, что может привести к разрушению обмоток. Покрытия изоляционными материалами на основе полиэфирной плёнки (майлар, номукс – термостойкое полиамидное волокно) из группы ароматических полиамидов в сочетании с другими изоляционными материалами повышают защиту от воздушной влаги: повышают диэлектрическую прочность изоляции. Полиамид является почти совершенным негигроскопичным материалом. На следующих графиках прослеживается разница показателей диэлектрической прочности для различных изоляционных материалов, испытанных в условиях с различной влажностью внешней среды (рисунок 5.23.).

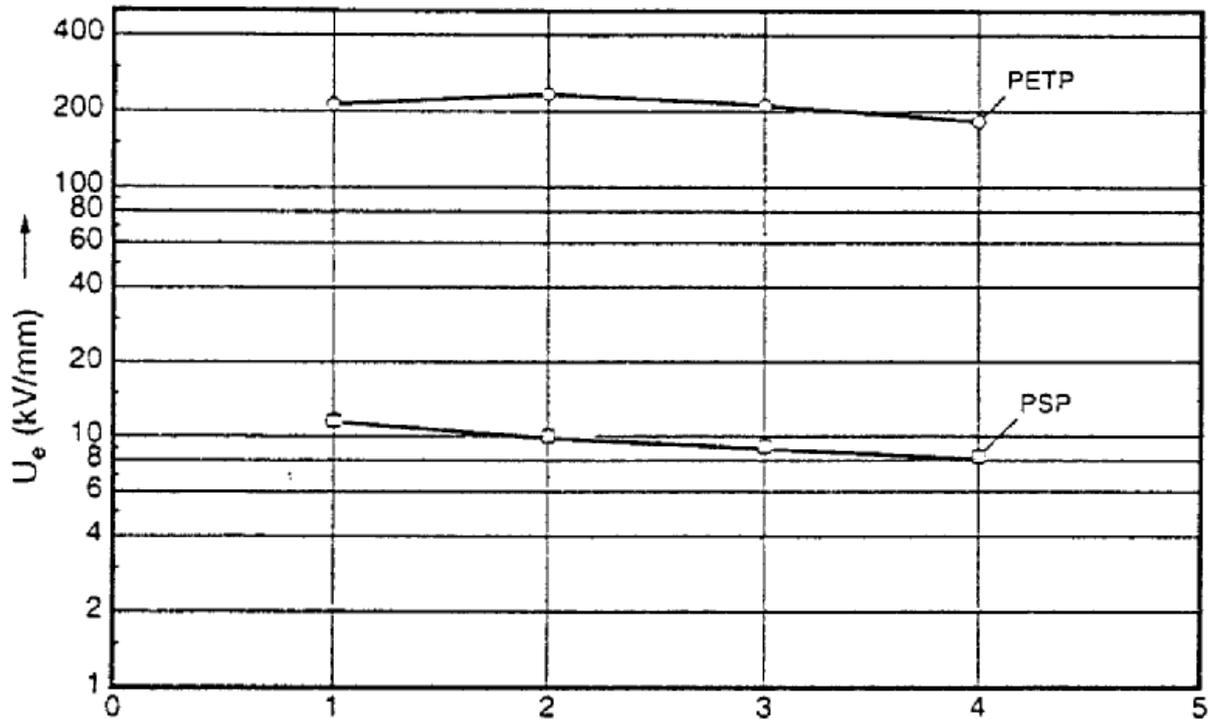


Рисунок 5.23. Прочность на пробой « $U_e$ » для изоляции из органических веществ (прессшпан - PSP) и для изоляции из неорганических веществ (номекс - PETP) в зависимости от уровня относительной влажности.

**Состояние:**

- 1 – просушивание в течение 2-ух часов при  $T=105C^{\circ}$ .
- 2 – содержание в течение 4-ёх суток при  $\phi=50\%$ .
- 3 – содержание в течение 4-ёх суток при  $\phi=65\%$ .
- 4 – содержание в течение 4-ёх суток при  $\phi=85\%$ .

Влияние влаги окружающей среды можно исключить, применив наивысшую степень защиты «IP»: газонепроницаемое исполнение двигателя.