

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖКД

Мухин И. А. , ГУТ Бонч-Бруевича

Жидкокристаллический **дисплей** (ЖКД), в отличие от **кинескопа**, не является неделимым радиоэлектронным прибором, а состоит из отдельных модулей. Для изучения передаточной характеристики (передаточной функции) ЖКД выделим условно только два модуля: «цифровой» гамма-корректор, и, собственно, ячейка ЖКД.

Передаточная характеристика ячейки ЖКД имеет нелинейную, «S-образную» форму. Для того, чтобы ЖКД имел **сквозную** передаточную характеристику **заданной формы**, используется цифровой гамма-корректор. Цифровой гамма-корректор имеет нелинейную передаточную характеристику, которая при перемножении с передаточной характеристикой ячейки ЖКД дает кривую **любой желаемой формы**, например, **линейную** функцию или **степенную** с любым значением показателя (гаммы). Параметры передаточной характеристики цифрового гамма-корректора могут быть изменены пользователем с помощью «оперативных регуляторов» из пользовательского меню.

Примечание: в дорогих **профессиональных** мониторах в разделе меню «Gamma» можно задавать различные значения показателя степенной функции в виде любого числа, обычно от 0.5 до 3. В простых **бытовых** мониторах пользователю предлагается на выбор всего три фиксированных режима, которые обычно обозначаются словами «Gamma 1», «Gamma 2» и «Gamma 3», а не числами. Возможно, это связано с тем, что передаточная функция бытового монитора не может быть достаточно точно аппроксимирована степенной функцией.

ВЫВОД: благодаря цифровому гамма-корректору сквозная передаточная характеристика ЖКД может иметь любую требуемую форму, поэтому нелинейность передаточной характеристики ячейки матрицы не приводит к появлению градационных искажений.

Сквозная передаточная характеристика ЖКД выбирается приблизительно такой же, как и у обычных ЭЛТ-мониторов, для того чтобы при замене дисплея (с ЭЛТ на ЖК) не возникало градационных искажений.

Примечания: 1. в аналоговом телевидении выгодно использовать предварительные искажения сигнала с «гаммой» меньше единицы. Сюжеты, как правило, светлые, а гамма меньше единицы увеличивает количество «белого». Но при модуляции используется инвертированный сигнал, следовательно снижается энергопотребление передатчика. Следовательно, для исключения градационных искажений приемное устройство должно иметь гамму больше единицы, так чтобы произведение было равно 1...1.2.

2. В компьютерных дисплеях (на основе и ЭЛТ, и LCD) стандартизованы два значения «гаммы»: 2.2 – для Windows и 1.8 – для Mac OS.

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯЧЕЙКИ ЖКД

Передачной характеристикой ячейки ЖКД является зависимость ее прозрачности от напряжения на обкладках. Прозрачность ячейки определяется величиной эксцентриситета и наклоном большой оси эллипса относительно плоскости поляризации анализатора эллиптически-поляризованного света, прошедшего сквозь слой ЖКВ. Величина эксцентриситета и наклон оси эллипса, в свою очередь, определяются положением в пространстве молекул ЖКВ. А положение молекул в пространстве определяется формой направляющих слоев стенок сосуда, расстоянием между стенками и величиной внешнего электрического поля.

При описании процессов в наиболее распространенных матрицах типа TN или STN всегда приводятся значения двух разных углов, которые нужно различать. Один угол, обозначаемый обычно как «Twist angle» характеризует поворот спирали, в которую выстраиваются молекулы. Для матриц типа TN этот угол всегда равен 90° , а для STN – 270° , (отсюда название STN – «суперзакрученный нематик»). Второй угол, который обычно обозначают как «Tilt angle», отсчитывается между большой осью молекулы ЖКВ и нормалью к стенкам сосуда (рис. 1).

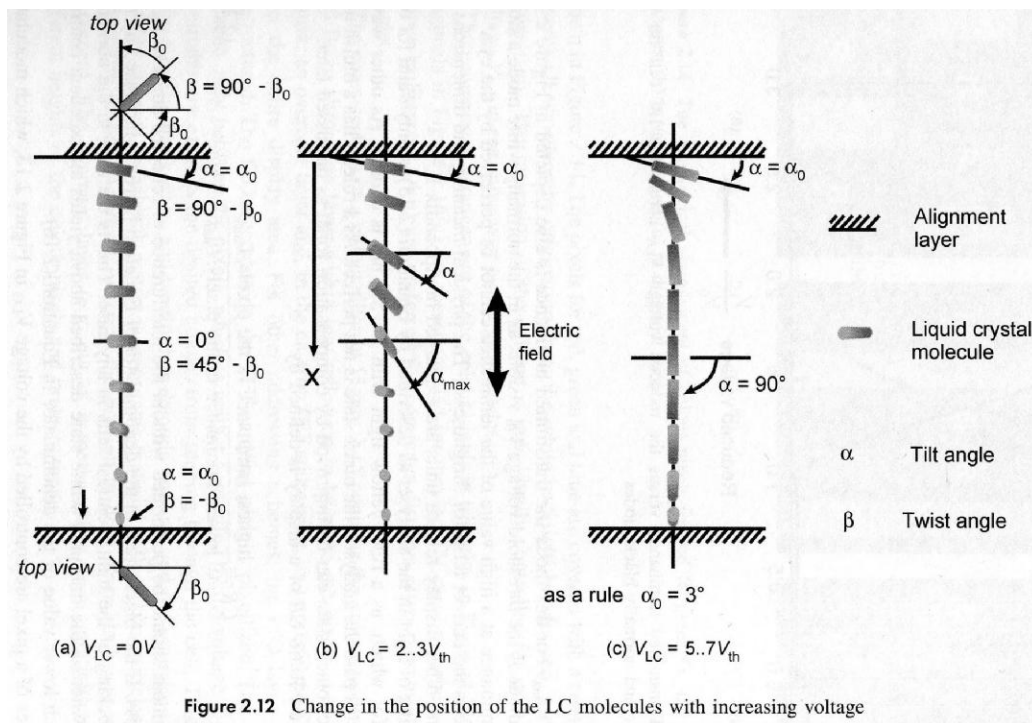


Рис. 1. Положение молекул ЖКВ в пространстве при изменении напряженности электрического поля в ячейке, рисунок из книги "LCD", E. Lueder, стр. 15

Примечание: на рисунке «Tilt angle» определяется как угол поворота плоскости, образованной пересечением длинной оси молекулы и перпендикуляра к нормали к стенке сосуда в точке центра тяжести молекулы. Такой способ чисто интуитивно воспринимается лучше, так как поясняет, как именно разрушается

спиральная структура. Но на приведенном рисунке, к сожалению, невозможно показать «индивидуальные плоскости» каждой молекулы, поэтому сложно понять, что именно понимается под углом α .

При **отсутствии** напряжения на обкладках ячейки, каждая молекула имеет разные «Twist angle» (от 0^0 до 90^0), однако большие оси почти всех молекул параллельны стенкам сосуда, то есть они имеют одинаковые (или почти одинаковые) «Tilt angle», приблизительно равные нулю.

При **увеличении** напряжения на обкладках ячейки каждая молекула стремится развернуться таким образом, чтобы ее дипольный момент был сонаправлен с силовыми линиями электрического поля – твист-структура («спираль») «разрушается». При этом «Twist angle» каждой молекулы не меняется, зато «Tilt angle» увеличивается, причем для разных молекул на разную величину, так как крайним молекулам спирали мешают стенки сосуда. Именно поэтому поворот молекул оценивают по молекулам **среднего слоя** ЖКВ (рис. 2)

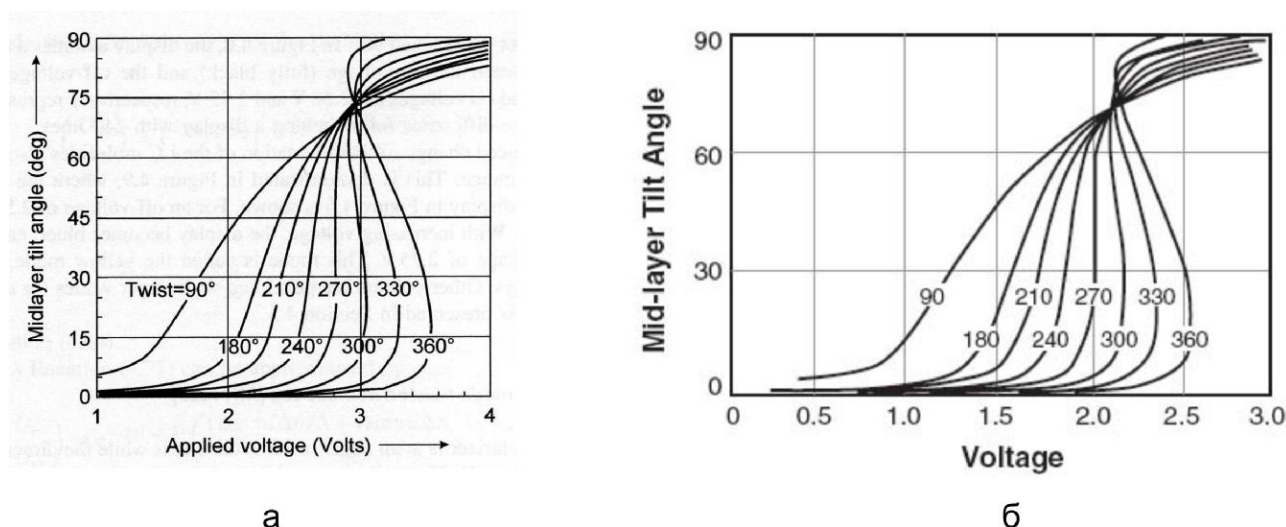


Рис.2. Зависимость угла поворота молекул среднего слоя ЖКВ от напряжения: а - из книги "LCD", E. Lueder; б - из PDF-документа "Fundamentals of Liquid Crystal Displays – How They Work and What They Do", Fujitsu.

На рисунке по оси абсцисс отложено напряжение на обкладках ячейки, по оси ординат - угол поворота молекул СРЕДНЕГО СЛОЯ (Midlayer) ЖКВ, а параметром кривых (90...360) является характеристика «степени закрученности» спирали, то есть каждой кривой соответствует свой тип монитора.

Приведенную на рисунке 1 кривую (параметр 90^0) обычно считают передаточной характеристикой ЖКД типа TN. Однако это не совсем верно, так как зависимость прозрачности ячейки от угла поворота молекул среднего слоя ЖКВ нелинейна.

Примечание: во многих отечественных статьях под поворотом молекул понимается «раскручивание» спирали и, кроме того, предполагается, что свет, проходящий через слой ЖКВ, остается плоскополяризованным, но меняется положение плоскости поляризации. Отсюда делается вывод, что интенсивность проходящего сквозь ячейку света пропорциональна, согласно закону Малюса, квадрату косинуса угла поворота молекул. Ход рассуждений совершенно не верный, хотя результирующая кривая (\cos^2) внешне немного похожа на экспериментальную. Закон Малюса часто упоминается в иностранных статьях при описании процессов модуляции света ячейкой ЖКД, но совершенно в другом контексте.

Передаточные характеристики (зависимость прозрачности от напряжения на обкладках) ячейки ЖКД типа TN приведены на рисунке 3.

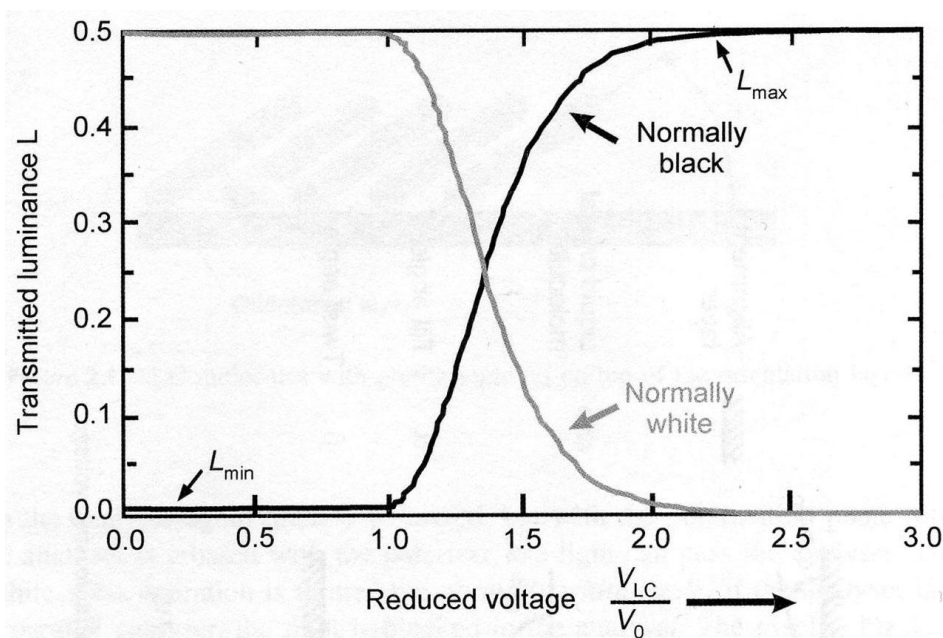


Рис. 3. Передаточная характеристика ячейки ЖКД
(рисунок из книги «LCD», E. Lueder, стр. 16)

Примечания: 1. график «Normally White» приводится для матрицы, у которой плоскости поляризации поляризатора и анализатора перпендикулярны, «Normally Black» - для матрицы, у которой эти плоскости параллельны. 2. Максимальная «передаваемая яркость» (transmitted luminance) равна не единице, а 0.5, так как входной поляризатор пропускает теоретически только половину естественного света от ламп подсветки.

ПОЧЕМУ У STN-ДИСПЛЕЯ КОНТРАСТ ВЫШЕ, ЧЕМ У TN

Дело в том, что когда сравнивается контраст дисплеев TN и STN, то речь идет о "пассивных" матрицах, так как активных матриц на STN не бывает. Контраст изображения, формируемого пассивной матрицей, напрямую зависит от инерционности молекул ЖКВ. Для достижения максимального контраста необходимо, чтобы во время сканирования кристаллы двигались как можно

быстрее, а при отсутствии сканирования кристаллы возвращались на «свои места» как можно медленнее.

Примечание: именно для этого в активных матрицах применяются транзистор и конденсатор. Первый позволяет быстро перезаряжать обкладки ячейки большим током, а второй – хранить заданное значение весь кадр.

В ячейках TN для изменения прозрачности от минимума до максимума требуется увеличить напряжение на обкладках приблизительно на 3 В (с 1 В до 4 В). А в ячейках типа STN – всего на 0.1 В (с 2.75 В до 2.85 В). Следовательно, ячейка типа STN переключается значительно быстрее ячейки TN, в то время как «время возвращения на свои места» (под действием сил межмолекулярного взаимодействия) у ячеек STN примерно такое же, как и у TN. Таким образом, за одно и то же время сканирования «белая» ячейка STN «приобретет» значительно большую прозрачность (яркость), чем «белая» ячейка TN, в то время как «черные» ячейки и TN, и STN будут иметь одинаковую яркость. Следовательно, контраст STN выше.

Отсюда вытекает основной недостаток STN – такие панели передают только две градации яркости.