

परिचय (Introduction)

वाहक सिग्नल के मॉड्यूलेशन के बिना बेसबैंड सिग्नल का संचार माध्यम में संचालन बेसबैंड मॉड्यूलेशन के रूप में परिभाषित किया जाता है।

“The communication of the baseband signal without modulation is defined as the baseband modulation.”

इस प्रकार के बेसबैंड संचार में स्पेक्ट्रम में कोई आवृत्ति परिवर्तन नहीं होता है। बेसबैंड संचार के विपरीत, वाहक सिग्नल के साथ संचार माध्यम में बेसबैंड सिग्नल के संचालन को मॉड्यूलेशन के रूप में परिभाषित किया जाता है।

“The carrier communication is defined as communication with modulation.”

आयाम मॉड्यूलेशन (Amplitude Modulation)

जैसा कि नाम "आयाम" शब्द को इंगित करता है, इस दृष्टिकोण में, वाहक सिग्नल का आयाम, मॉड्यूलेटिंग सिग्नल के तात्कालिक मान के अनुसार बदलता है।

आयाम मॉड्यूलेशन को निम्नलिखित दो प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है

1. वाहक सिग्नल के साथ आयाम मॉड्यूलेशन
2. सप्रेस्ड वाहक (AM-SC) के साथ आयाम मॉड्यूलेशन
 - (i) डबल साइड बैंड सप्रेस्ड कैरियर (DSB-SC) (Double sideband suppressed carrier)
 - (ii) सिंगल साइड बैंड सप्रेस्ड कैरियर (SSB-SC) (Single sideband suppressed carrier)
 - (iii) वेस्टिजियल साइड बैंड सप्रेस्ड कैरियर (VSB-SC) (Vestigial sideband suppressed carrier)

इस अध्याय में एएम शब्द को एक बड़े वाहक के साथ आयाम मॉड्यूलेशन के रूप में संदर्भित किया गया है।

एएम सिग्नल $\phi_{AM}(t)$ को उत्पन्न करने के लिए वाहक आयाम A_c के साथ मॉड्यूलेटिंग सिग्नल $m(t)$ को जोड़ा जाता है, ततपश्चात टाइम डोमेन में एएम तरंग को इस प्रकार दर्शाया जाता है:

$$\phi_{AM}(t) = (A_c + m(t)) \cos \omega_c t = A_c \cos \omega_c t + m(t) \cos \omega_c t \quad (2.1)$$

जहाँ, $A_c \geq |m(t)|_{\max}$ और $\omega_c = 2\pi f_c$

एएम सिग्नल का स्पेक्ट्रम (आवृत्ति के संबंध में आयाम का चित्रमय प्रतिनिधित्व) समीकरण (2.1) के सिग्नल के फूरियर रूपांतरण द्वारा प्राप्त किया जाता है। फूरियर रूपांतरण की व्याख्या इस पुस्तक के दायरे से बाहर है।

एएम तरंग का स्पेक्ट्रम (Spectrum of AM wave)

एएम तरंग का संक्षिप्त विवरण चित्र 2.1 द्वारा समझाया गया है जो इस प्रकार है

- (i) मॉड्यूलेशन सिग्नल का समय डोमेन और संबंधित आवृत्ति डोमेन में प्रतिचित्रण चित्र 2.1(a) में दिखाया गया है
- (ii) इसी प्रकार, वाहक सिग्नल का समय डोमेन और संबंधित आवृत्ति डोमेन में प्रतिचित्रण चित्र 2.1(b) में दिखाया गया है।
- (iii) आयाम मॉड्यूलेशन, वाहक आवृत्ति पर मॉड्यूलेटिंग सिग्नल के स्पेक्ट्रम को स्थानांतरित कर देगा जैसा कि चित्र 2.1(c) में दिखाया गया है।

एएम तरंग के स्पेक्ट्रम के ऊपरी साइडबैंड (USB) और निचले साइडबैंड (LSB) दोनों में व्यक्तिगत रूप से मैसेज सिग्नल पाया जाता है।

इसलिए, एएम तरंगों के स्पेक्ट्रम में मैसेज सिग्नल (निचले साइड बैंड और ऊपरी साइड बैंड) के साथ-साथ एक

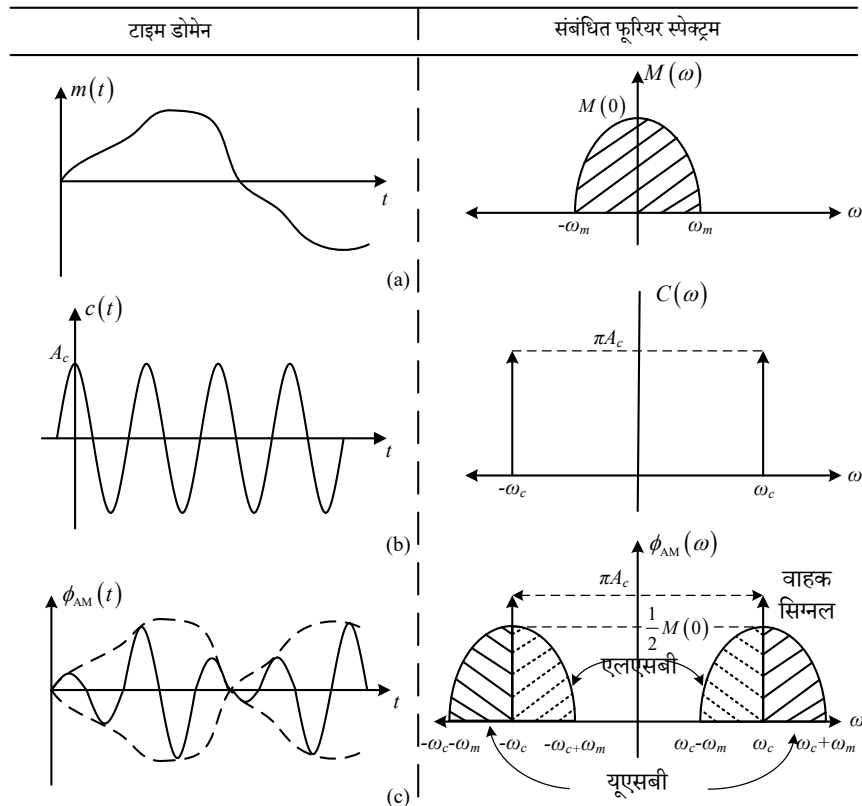
वाहक सिग्नल के स्पेक्ट्रम उपस्थित होते हैं।

एएम तरंग की बैंडविड्थ (Bandwidth of the AM Wave)

दायीं ओर के एएम तरंग की आवृत्ति रेंज $(\omega_c - \omega_m)$ से $(\omega_c + \omega_m)$ तक है। इसलिए, एएम तरंग की बैंडविड्थ दी जाती है

$$(BW)_{AM} = (\omega_c + \omega_m) - (\omega_c - \omega_m) = 2\omega_m \quad (\text{or } 2f_m \text{ in Hz}) \quad (2.2)$$

जहां, ω_m मॉड्यूलेटिंग सिग्नल में मौजूद सिग्नल का उच्चतम आवृत्ति घटक है। इससे यह निष्कर्ष निकाला गया है कि एएम तरंग की बैंडविड्थ मॉड्यूलेटिंग सिग्नल की बैंडविड्थ से दोगुनी होती है।



चित्र 2.1 टाइम डोमेन और संबंधित फूरियर स्पेक्ट्रम (a) मॉड्यूलेटिंग सिग्नल (b) वाहक सिग्नल (c) एएम सिग्नल
मॉड्यूलेशन इंडेक्स या मॉड्यूलेशन सूचकांक या मॉड्यूलेशन फैक्टर या डिग्री ऑफ मॉड्यूलेशन या डेप्थ ऑफ मॉड्यूलेशन (Modulation Index or Modulation Factor or Degree of Modulation or Depth of Modulation)

एएम सिग्नल $\phi_{AM}(t)$, जिसे टाइम डोमेन में निम्न रूप में दर्शाया जाता है:

$$\begin{aligned} \phi_{AM}(t) &= (A_c + A_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \\ &= A_c \left(1 + \frac{A_m}{A_c} \cos \omega_m t \right) \cos \omega_c t \\ &= A_c (1 + m_a \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \end{aligned} \quad (2.3)$$

जहां, m_a मॉड्यूलेशन इंडेक्स या मॉड्यूलेशन सूचकांक कहा जाता है।

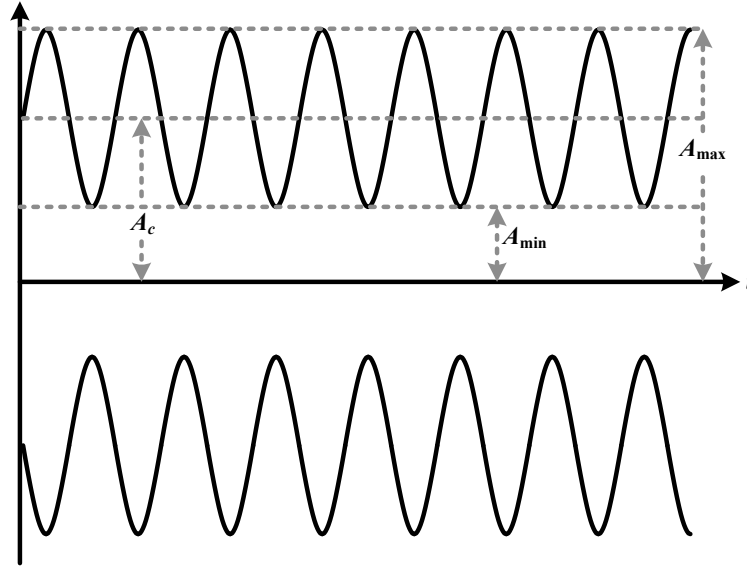
इसलिए, मॉड्यूलेशन इंडेक्स m_a को मॉड्यूलेटिंग सिग्नल के अधिकतम आयाम और वाहक सिग्नल के आयाम के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है और इसे इस प्रकार दिया जाता है

$$m_a = \frac{|m(t)|_{\max}}{A_c} \quad (2.4)$$

“The modulation index m_a is defined as the ratio of maximum amplitude of the modulating signal to the amplitude of the carrier signal”

जैसा कि चित्र 2.2 में दिखाया गया है, प्रायोगिक आउटपुट के लिए मॉड्यूलेशन इंडेक्स m_a का मान समीकरण (2.5) द्वारा दिया जाता है

$$m_a = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}} \quad (2.5)$$



चित्र 2.2 प्रायोगिक AM तरंग