3 सिगनल ट्रान्समीशन और टेलीमीट्री (SIGNAL TRANSMISSION AND TELEMETRY)

3.1. प्रस्तावना (Introduction)

संचार पद्धतियाँ वह होती हैं जिनकी सहायता से सिगनल्स (Signals) को एक स्थान से दूसरे स्थान पर भेजा जाता है। आधुनिक युग मे विज्ञान और तकनीक व इन्जीनियरिंग की सहायता से संचार पद्धतियो में नित नये विकास और खोज हो रहे है। इस विकास के कारण संचार मे नये-नये उपकरण हमें उपलब्ध हो रहे हैं। टेलीफोनी (Telephony), टेलीग्राफी (Telegraphy), फैक्स (Fax), दूरसंचार (Telecommunication), एस०एम०एस० (SMS), ई-मेल (e-mail) आदि के माध्यम से सूचनाओं, सिगनलों एवं डाटा (Data) को एक स्थान से दूसरे स्थान पर आसानी से और शीघ्र पहुँचाया जा सकता है। रेडियो, टी०वी० एवं कम्प्यूटर, मोबाइल फोन से पूरे विश्व की सूचनाओं एवं समाचारों से घर बैठे प्राप्त किया जा सकता है। साथ ही सजीव प्रसारण (Live telecast) देखा जा सकता है। सूचना संचार प्रौद्योगिकी (Information Communication Technology) में निरन्तर नये विकास हो रहे हैं। इन्टरनेट (Internet) के माध्यम से कम्प्यूटर के सामने बैठकर ही हम विश्व भर से जुड़ जाते है। ई-मेल (e-mail) की सहायता से हम अपना सन्देश या कोई भी किसी भी प्रकार का डाटा तुरन्त विश्व के किसी कोने में पहुँचा सकते या प्राप्त कर सकते हैं।

इन्टरनेट की सहायता से हम अपनी इच्छा अनुसार हर प्रकार की सूचना तुरन्त प्राप्त कर सकते हैं। इसके माध्यम से हम आपस में चैटिंग (Chatting), वीडियो कॉलिंग (Video Calling), वीडियो कॉन्फ्रेन्सिंग (Video Conferencing) कर सकते हैं। खेलों की, फिल्मों की, विज्ञान की, शेयर मार्केट की, रोजगार सम्बन्धी एवं सभी प्रकार की अनगिनत जानकारी इन्टरनेट पर उपलब्ध है। अत: आप अपनी इच्छानुसार वेबसाइट (Website), सर्च (Search) की किसी भी प्रकार की जानकारी प्राप्त कर सकते हैं।

3.2. टेलीमीट्री (Telemetry)

आधुनिक इन्स्ट्रूमैन्टेशन प्रणालियों में प्रणाली के विभिन्न कम्पोनैन्ट एक-दूसरे से काफी दूरी पर स्थित होते है अत: उनके मध्य किसी कम्युनिकेशन लिंक द्वारा डाटा का ट्रांसफर करना आवश्यक हो जाता है। टेलीमीट्री वास्तव में कुछ दूरी से मापन करने का विज्ञान है तथा इसके द्वारा अनेक औद्योगिक, व्यावसायिक, सैनिक तथा स्पेस ऑपरेशन्स किये जाते है। टेलीमीट्री में मापी गई राशि (measurand) के विभिन्न अभिलक्षणों को एक सिगनल में कनवर्ट किया जाता है तथा इस सिगनल को एक उपयुक्त चैनल द्वारा ट्रांसमिट किया जाता है। उसके पश्चात् इसे डिसप्ले योग्य कर ग्राफीय विधि से रिकॉर्ड किया जाता है अथवा इसे प्रोसैस कर अस्थायी रूप से स्टोर कर किसी गणना में प्रयुक्त कर एक ऑटोमेशन प्रक्रिया के फंक्शन की भाँति उपयोग मे लाया जाता है।

डाटा प्रसारण की विधियाँ (Methods of Data Transmissions)

संचार प्रणाली में डाटा भेजने की अनेक विधियाँ प्रयोग में लायी जा रही हैं—

1. रेडियो टेलीग्राफी तथा रेडियो टेलीफोनी
2. सामान्य लाइन टेलीग्राफी तथा टेलीफोनी
3. डिजीटल कम्युनिकेशन
4. रडार प्रणाली
5. सैटेलाइट प्रणाली

n. टेलीविजन प्रणाली
- कम्प्यूटर कम्युनीकेशन
8. नाविकी सिगनल एप्लीकेशन (Navigational Aids)
9. एयरक्राफ्ट लैण्डिंग प्रणाली, आदि।

टेलीमीट्री को इलेक्ट्रिकल सिगनल के अभिलक्षणों के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है उदाहरणत:, वोल्टेज, धारा, पोजीशन, फ्रीक्वैन्सी तथा पल्स, अथवा एनेलॉग या डिजिटल, जहाँ पर सिगनल को एनेलॉग मापन के लिए ट्रांसमिट किया जाता है अथवा किसी मापन को प्रदर्शित करने वाले कोड में कनवर्ट किया जाता है। वोल्टेज, धारा तथा पोजीशन की टेलीमीट्री करने वाले ऑपरेशनों में ट्रांसमीटर एवं रिसीवर के मध्य एक भौतिक (physical) लिंक की आवश्यकता होती है। इस भौतिक लिंक अथवा कनैक्शन को चैनल (Channel) कहते हैं। इसमें सिस्टम डिजाइन के आधार पर एक, दो अथवा अधिक चैनल हो सकते हैं। फ्रीक्वैन्सी तथा पल्स सिस्टम फिजिकल वायर चैनल पर भी ऑपरेट हो सकते है अथवा अन्य चैनलों उदाहरणत: टेलीग्राफ, टेलीफोन, रेडियो अथवा माइक्रोवेव का भी उपयोग कर सकते है।

टेलीमीट्री में प्रयुक्त विधियाँ ट्रांसमिट किये जाने वाले डाटा पर निर्भर करती है तथा उस दूरी पर भी निर्भर करती है जिस पर डाटा ट्रांसमिट किया जाता है।

डाटा ट्रांसमिशन की हाइड्रॉलिक तथा न्यूमैटिक विधियों को कम दूरी के लिए ही प्रयुक्त किया जा सकता है अत: उनका स्कोप सीमित है। डाटा ट्रांसमिशन की इलेक्ट्रिकल तथा इलेक्ट्रॉनिक विधियाँ लम्बी दूरी के लिए भी प्रयुक्त की जा सकती हैं अत: इन्स्ट्रूमैंटेशन एवं मापन प्रणालियों में इनका व्यापक उपयोग किया जाता है।

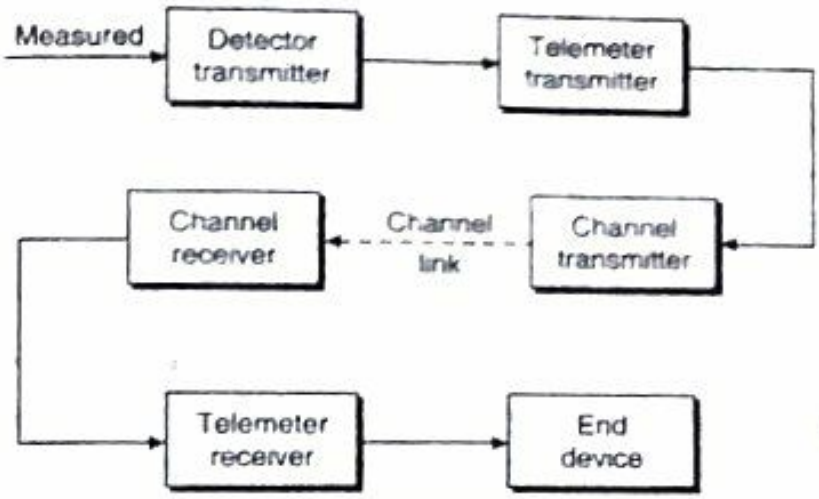
3.3. सामान्य टेलीमीट्री सिस्टम (General Telemetry System)

एक सामान्य टेलीमीट्री सिस्टम का ब्लॉक डायग्राम चित्र 3.1 में प्रदर्शित किया गया है। ब्लॉक आरेख में डाटा का प्रवाह (Transmission) प्रदर्शित किया गया है।

टेलीमीट्री के तीन मुख्य अवयव होते है—

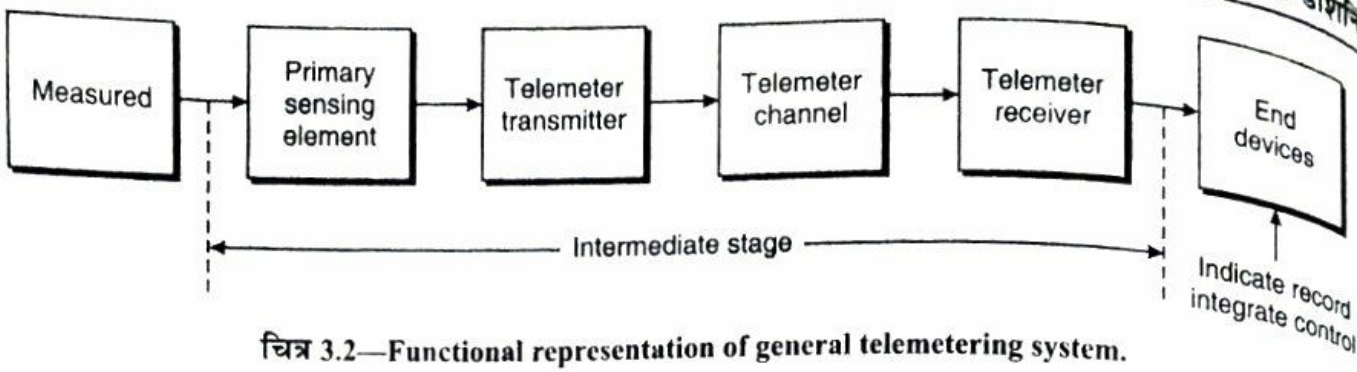
(a) सिगनल ट्रान्समिट करने वाला ट्रान्समीटर उपकरण
(b) रिसीविंग टर्मिनल पर रिसीविंग उपकरण तथा
(c) इन्टरकनैक्टिंग चैनल

चित्र 3.1—एक सामान्य टेलीमीट्री प्रणाली



उपरोक्त ब्लॉक आरेख को चित्र 3.2 में अन्य प्रकार भी दर्शाया जा सकता है।

मापी जाने वाली राशि को सर्वप्रथम डिटैक्टर डिटैक्ट या सैन्स करता है तथा ट्रांसमीटर आउटपुट इलेक्ट्रिकल सिगनल को टेलीमीट्री चैनल पर ट्रांसमिट कर देता है। चैनल, रिसीविंग एवं ट्रांसमिटिंग टर्मिनलों के मध्य लिंक है। रिसीविंग टर्मिनल पर



चित्र 3.2—Functional representation of general telemetering system.

इलैक्ट्रिकल सिगनल को रिसीव कर पुन: उपयोगी (usable) रूप में परिवर्तित किया जाता है। इसी टर्मिनल पर कोई रिकॉर्डिंग अथवा डिसप्ले डिवाइस, मापी जाने वाली राशि को प्रदर्शित करती है, डिस्प्ले करती है अथवा रिकॉर्ड करती है।

टेलीमीट्री के लिए कुछ बेसिक इन्स्ट्रूमैन्ट्स की आवश्यकता होती है, उदाहरणत: मापी जाने वाली राशि को विद्युत सिगनल में रूपान्तर करने के लिए उपकरण, चैनल पर प्रोसैस एवं ट्रांसमिट करने के लिए उपकरण तथा सिगनल रिसीव करने के लिए तथा सिगनल को पढ़े जाने योग्य रीडिंग में कन्वर्ट करने के लिए उपकरण।

ट्रांसमिशन चैनल (Transmission Channels)

टेलीमीट्री में सर्वाधिक प्रयुक्त ट्रांसमिशन चैनल, केबिल (cables) तथा रेडियो (radio) लिंक हैं। कुछ अवस्थाओं में ऑप्टिकल, अल्ट्रासोनिक तथा चुम्बकीय प्रेरण (magnetic induction) लिंक का भी उपयोग किया जाता है। केबिल अथवा वायर्स का उपयोग लैन्ड लाइन टेलीमीट्री में डाटा, इण्डस्ट्रियल प्रोसैस प्लान्ट्स तथा पावर जेनरेटिंग स्टेशनों से, सैन्ट्रल मॉनिट्रिंग प्वॉइन्ट्स पर ट्रांसमिट किया जाता है। रेडियो लिंक 1 Km से अधिक दूरी के लिए अधिक उपयोगी है। रेडियो फ्रीक्वैन्सी का कुछ भाग टेलीमीट्री को आबन्टित किया गया है। 4 MHz से अधिक फ्रीक्वैन्सी के माइक्रोवेव चैनल भी टेलीमीट्री में प्रयुक्त किये जाते हैं। इन आवृत्तियों पर रेडियो तरंगें सीधी लाइनों में चलती हैं तथा इन्हें डिश एन्टीना के साथ रिपीटर स्टेशन की आवश्यकता होती है। रिपीटर स्टेशन प्रत्येक 30 से 60 Km दूरी पर स्थापित किए जाते हैं। वायुयान आदि के लिए टेलीमीट्री प्रणालियों में PDM-FM (Pulse duration modulation-Frequency modulation) लिंक प्रयुक्त किया जाता है।

FM रेडियो, ऑप्टिकल अथवा अल्ट्रासोनिक विधियाँ सामान्यत: शॉर्ट रेंज ट्रांसमिशन (50 m तक) के लिए प्रयुक्त किये जाते हैं।

3.4. टेलीमीट्री प्रणाली के प्रकार (Types of Telemetry Systems)

दो प्रकार की टेलीमीट्री प्रणालियों का प्रयोग किया जाता है—

लैण्डलाइन टेलीमीट्री (Landline Telemetry)

रेडियो आवृत्ति टेलीमीट्री (R.F. Telemetry)

लैण्डलाइन टेलीमीट्री (Land Line Telemetry)—लैन्डलाइन टेलीमीट्री में वायर लाइन चैनल प्रयुक्त किये जाते हैं। ये सरलतम ट्रांसमिशन चैनल होते हैं। रेडियो फ्रीक्वैन्सी चैनलों का उपयोग स्पेसक्राफ्ट में टेलीमीट्री के लिए किया जाता है।

पावर जेनरेटिंग स्टेशनों एवं सब-स्टेशनों के मध्य सूचना ट्रांसमिशन के लिए पावर लाइन कैरियर्स का उपयोग किया जाता है। माइक्रोवेव चैनलों में उच्च आवृत्तियाँ 890 MHz से 30 GHz रेंज में अनेक बैड प्रयुक्त की जाती हैं। पावर एवं गैस ट्रांसमिशन में माइक्रोवेव चैनलों का उपयोग किया जाता है।

वे टेलीमीट्री प्रणालियाँ, जिनमें सिगनल, केबिलों द्वारा डायरैक्ट ट्रांसमिशन प्रयुक्त कर ट्रांसमिट किया जाता है, डी०सी० टेलीमीट्री प्रणालियाँ कहलाती हैं। डी०सी० टेलीमीट्री को लैन्डलाइन टेलीमीट्री भी कहते हैं। इस वर्ग में वोल्टेज टेलीमीट्री, धारा टेलीमीट्री एवं पोजिशन टेलीमीट्री आते हैं।

प्रत्यावर्ती राशियाँ (alternating quantities) का ट्रांसमिशन टेलीमीट्री परिपथों को प्रयुक्त कर किया जाता है। उदाहरणत: ट्रांसफॉर्मर्स एवं एम्पलीफायर्स को प्रयुक्त कर टेलीफोन केबिलों द्वारा ट्रांसमिट किया जाता है। AC टेलीमीट्री लैन्डलाइन तथा वायुयानों पर प्रयुक्त RF टेलीमीट्री दोनों में प्रयुक्त की जाती है। AC टेलीमीट्री का उपयोग सैन्सर्स के लिए किया जाता है जो फ्रीक्वैन्सी कनवर्टर्स को AC आउटपुट अथवा वोल्टेज उपलब्ध कराते हैं। डाटा, वोल्टेज अथवा धारा के रूप में होता है जो इस प्रकार के ट्रांसमिशन के लिए बहुत दुर्बल (weak) होता है अत: इसे एक ऑसिलेटर द्वारा जेनरेट की गई कैरियर द्वारा मॉडुलेट किया जाता है।

सूचना Analog या Digital रूप में हो सकती है। अत: धारा, वोल्टेज, पोजीशन, आवृत्ति को एनालॉग टेलीमीट्री में प्रयोग किया जाता है। साथ केवल पल्स टाइप सिगनल का प्रयोग Digital Telemetry में किया जाता है।

लैण्डलाइन टेलीमीट्री प्रणाली को निम्न भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(i) वोल्टेज टेलीमीट्री प्रणाली (Voltage Telemetering System)

(ii) धारा टेलीमीट्री प्रणाली (Current Telemetering System)

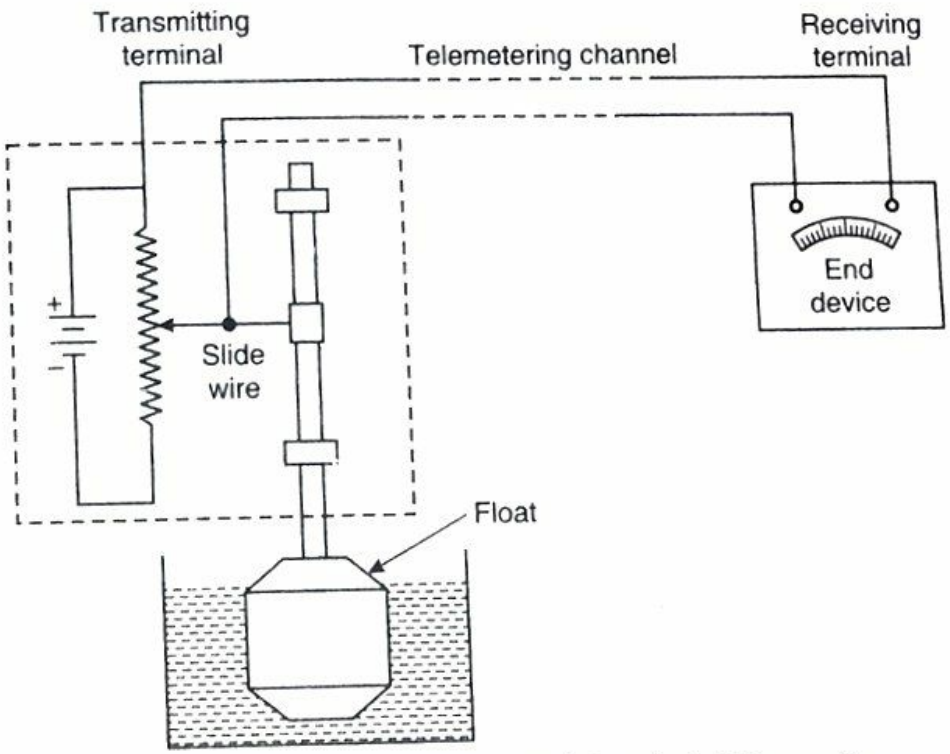
(iii) पोजीशन टेलीमीट्री प्रणाली (Position Telemetering System)

आवृत्ति और पल्स टेलीमीट्री प्रणाली की व्याख्या R.F. (radio frequency) टेलीमीट्री प्रणाली के साथ की जायेगी।

(i) वोल्टेज टेलीमीट्री प्रणाली (Voltage Telemetering Systems)—मूल रूप में वोल्टेज तथा धारा टेलीमीट्री प्रणालियाँ लगभग एक समान ही होती हैं। मापी जाने वाली राशि के समानुपाती धारा प्राप्त करने की अनेक विधियाँ वोल्टेज समायोजन के लिए प्रयुक्त की जा सकती हैं। एक प्रणाली में प्रयुक्त उपकरण को दूसरी प्रणाली में प्रयुक्त किया जा सकता है। एक डायरैक्ट डिफ्लैक्टिंग इन्स्ट्रूमैन्ट द्वारा वोल्टेज का मापन वास्तव में इन्स्ट्रूमैन्ट की कुण्डली में धारा का मापन है।

दोनों टेलीमीट्री प्रणालियों में मुख्य अन्तर यह है कि धारा टेलीमीट्री सिस्टम में, कम्युनिकेशन परिपथ में धारा का एक मापे जाने योग्य (measurable) मान पर रखी जाती है; लाइन की अवस्था कुछ भी क्यों न हो। जबकि वोल्टेज टेलीमीट्री प्रणाली परिपथ से इतनी कम धारा लेती है कि लाइन में वोल्टेज ड्रॉप नगण्य (negligible) होता है। अत: वोल्टेज टेलीमीट्री प्रणाली में राशि (measurand) को बैलेन्स (balance or null) विधियों द्वारा मापा जाता है जिससे कि मापन के समय लाइन धारा शून्य हो।

इस प्रणाली में एक नियत DC वोल्टेज के समान्तर में एक पोटैन्शियल डिवाइडर प्रयुक्त किया जाता है। स्लाइडर की पोजिशन को राशि के उस मान के अनुसार समायोजित किया जाता है जिसे ट्रांसमिट करना है। इससे लाइन टर्मिनलों पर वोल्टेज परिवर्तित होती है।



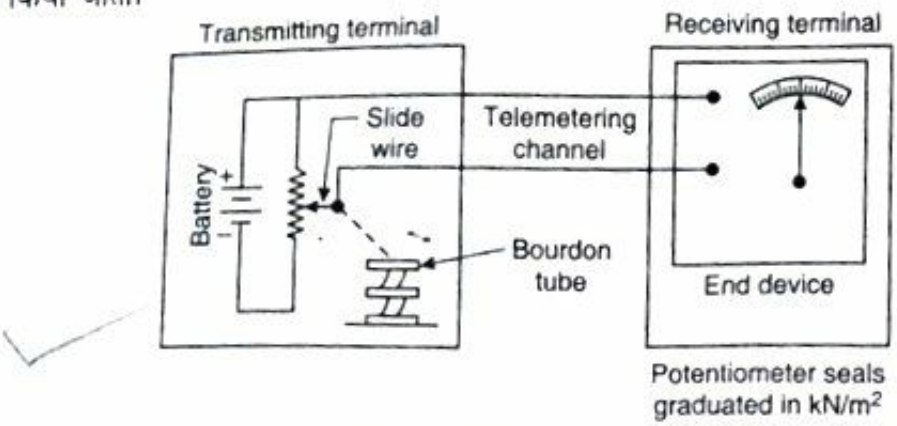
चित्र 3.3—जल स्तर मापन के लिए बेसिक टेलीमीट्री प्रणाली

इस प्रकार की वोल्टेज टैलीमीटरिंग प्रणाली चित्र 3.3 मे प्रदर्शित की गयी है। इसे जल स्तर (water level) मापन के लिए प्रयुक्त किया गया है।

इस सिस्टम मे मापी जाने वाली राशि को डिटैक्ट करने के लिए ऐसे ट्रांसड्यूसर्स प्रयुक्त किये जाते है जो वोल्टेज सिगनल जेनरेट करते है उदाहरणत: थर्मोकपल, डिफ्रेन्शियल ट्रांसफॉर्मर अथवा टैकोमीटर आदि। रिसीविंग साइड मे सामान्यत: सेल्फ-बैलेन्सिंग पोटैन्शियोमीटर प्रयुक्त किये जाते हैं।

वोल्टेज टेलीमेट्री प्रणाली में S/N अनुपात (signal to noise ratio) उच्च रहना आवश्यक है अत: ट्रांसमिशन चैनल को इन्टरफीरैन्स से सुरक्षा की व्यवस्था की जाती है।

एक परिवर्ती वोल्टेज को एक रेडियो लिंक पर ट्रांसमिट करना सम्भव नहीं होता अत: इस प्रणाली को रेडियो टेलीमीट्री मे प्रयुक्त नही किया जाता।



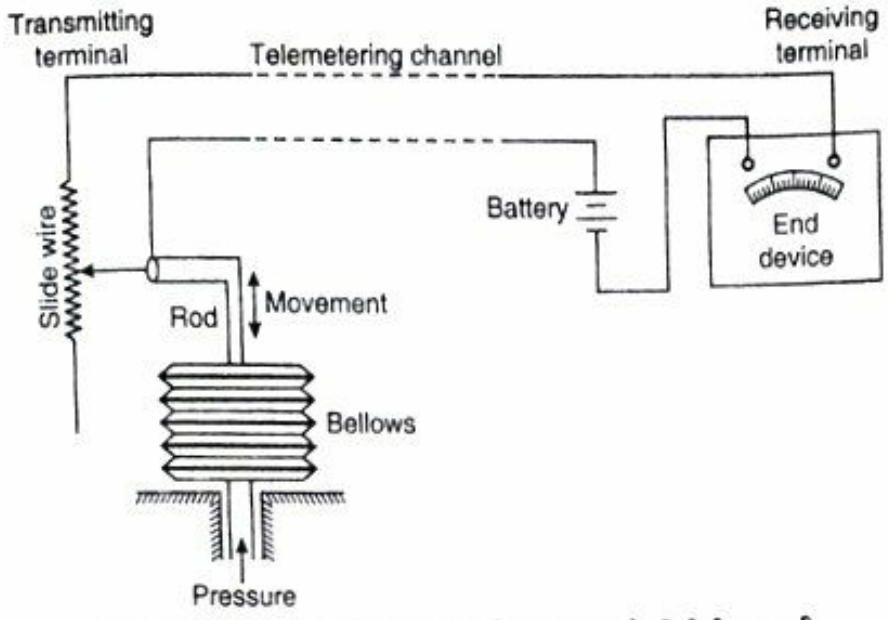
चित्र 3.4—Voltage telemetering system

चित्र 3.4 में एक स्लाइड वायर पोटेशियोमीटर को बैटरी से श्रेणी क्रम में प्रदर्शित किया गया है। इसका स्लाइडिंग कान्टेक्ट का एक सिरा दाब को सेन्स करने वाले बर्डन ट्यूब (Bourdon Tube) से सम्पर्क करता है। इस प्रकार की प्रणाली में लैण्डलाइन समान्तर तार के संयोजन का प्रयोग किया गया है। इस प्रणाली में राशि (measurand) को नल बैलेन्स विधियों द्वारा मापा जाता है। जैसे ही मापा जाने वाला दाब परिवर्तित होता है बार्डन ट्यूब स्लाइडिंग कान्टेक्ट (Sliding Contact) में हलचल उत्पन्न करती है जिससे वोल्टेज मे परिवर्तन होता है। इस प्रक्रिया से डी०सी० बल बैलेन्स पोटेशियोमीटर द्वारा वोल्टेज मापा जाता है और मापी गयी राशि को दाब के सापेक्ष कैलीब्रेट (Calibrate) कर लिया जाता है।

वोल्टेज टेलीमीट्री प्रणाली का प्रयोग श्रेणीक्रम मे जुड़े अनेक वोल्टेज आउटपुट के लिए किया जाता है। शर्त है कि सभी मापन लीनियर (Linear) हों।

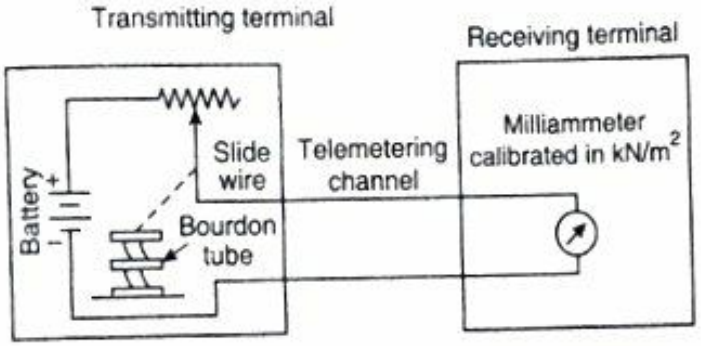
(ii) धारा टेलीमीट्री प्रणाली (Current Telemetering Systems)—इस प्रणाली मे धारा को मापी जाने वाली राशि के अनुसार समायोजित (adjust) किया जाता है तथा इस धारा को दूरस्थ (remote) बिन्दु पर एक एमीटर अथवा किसी अन्य संवेदी डिवाइस द्वारा मापा जाता है (चित्र 3.5)।

चित्र 3.5 में दाब मापन के लिए एक सरल धारा टेलीमीट्री प्रणाली प्रदर्शित की गयी है। एक स्लाइड वायर अथवा रियोस्टेट, एक दाब सैन्सिटिव बोर्डन ट्यूब अथवा बैलो द्वारा प्रचालित स्लाइडिंग कॉन्टैक्ट बैटरी के साथ श्रेणी में कनैक्ट किया गया है। वायर्स का एक पेयर टेलीमीट्री चैनल की भाँति कार्य करता है। यह धारा मापन डिवाइस से कनैक्ट किया जाता है। जब दाब परिवर्तित होता है तब बैलो गति करती है तथा स्लाइडिंग कॉन्टैक्ट को किसी पोजिशन पर स्थित करती है। इससे टेलीमीट्री चैनल में धारा परिवर्तित होती है। मिली एमीटर धारा को मापन करता है तथा प्वॉयन्टर को दाब में कैलीब्रेटेड एक स्केल पर विक्षेपित कर अज्ञात दाब का मापन करता है।



चित्र 3.5—दाब मापन के लिए एक बेसिक धारा टेलीमीट्री प्रणाली

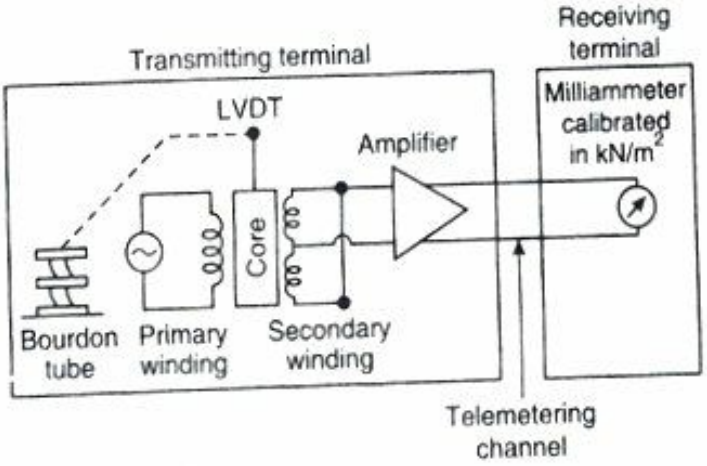
उपरोक्त चित्र 3.5 का प्रदर्शन निम्न प्रकार चित्र 3.6 के अनुसार भी किया जा सकता है।



चित्र 3.6—Basic current telemetering system.

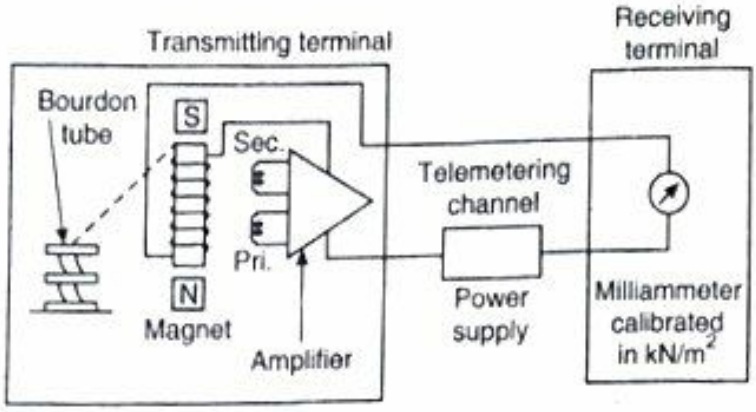
सामान्यत: धारा टेलीमीट्री प्रणाली का प्रयोग गति एवं बल बैलेन्स व टाइप में किया जाता है।

इसका प्रयोग Motion Balance Type System में निम्न चित्र 3.7 द्वारा प्रदर्शन किया गया है। इसमें स्लाइड वायर (Slide Wire) के स्थान पर जैसे पोजीशन सैन्सर या डिटेक्टर LVDT का प्रयोग किया जाता है। इसमें कैपेसिटर सैन्सर एलीमेन्ट भी प्रयोग में लाये जा सकते हैं।



चित्र 3.7—Motion balance current telemetering system.

जैसे ही बोर्डन ट्यूब पर दाब पड़ता है उससे LVDT के कोर में विस्थापन उत्पन्न होता है। उससे वोल्टेज आउटपुट पैदा होता है जिसे एम्प्लीफाई या रेक्टीफाई किया जा सकता है। यह वोल्टेज टेलीमीट्री चैनल में 20 MA की डी०सी० धारा पैदा करता है जिससे डी०सी० मिली एमीटर द्वारा मापा जाता है। डी०सी० मिली एमीटर स्केल को मापे जाने वाले दाब के सापेक्ष कैलीब्रेट किया जाता है।



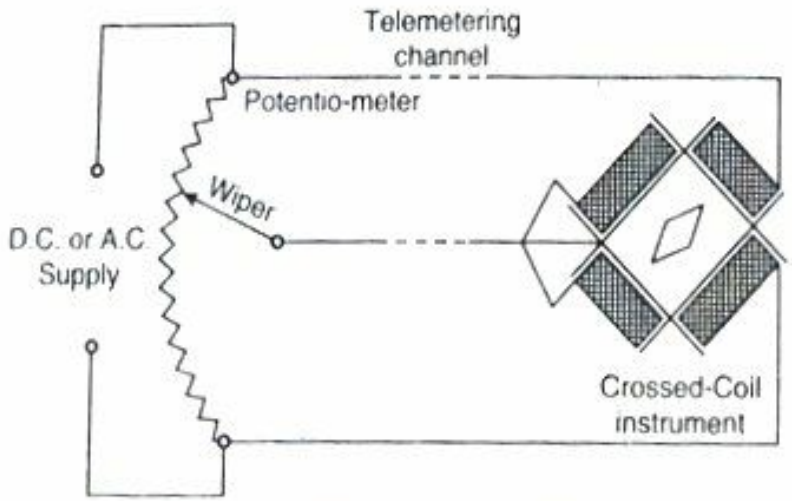
चित्र 3.8—Force balance current telemetering system.

बल बैलेन्स प्रणाली (Force Balance System) का प्रदर्शन चित्र 3.8 में किया गया है।

इस प्रणाली मे आउटपुट धारा का कुछ भाग फीडबैक कर इनपुट वैरीएविल्स की गति का विरोध करते हैं। प्रणाली बोर्डन ट्यूब द्वारा संचालित होती है। इसके द्वारा फीडबैक बल द्वारा क्वाइल के कुण्डलियो के फ्लक्स परिवर्तित होते हैं जो प्राइमरी एवं सैकेण्डरी क्वाइल को प्रभावित करते हैं। इससे एम्प्लीफायर के आयाम पर प्रभाव पड़ता है। इस प्रणाली मे मापन की accuracy बढ़ जाती है।

(iii) पोजीशन टेलीमीट्री प्रणाली (Position Telemetering Systems)—इस प्रणाली में ट्रांसमिटिंग उपकरण मापन के अनुसार सिगनलो का समायोजन (adjust) करता है तथा रिसीविंग उपकरण इन सिगनलों को मापन प्रदर्शित करने के लिए किसी यान्त्रिक पार्ट के डिसप्लेसमैन्ट में कनवर्ट करता है। इस प्रणाली में ऑपरेशन दो या अधिक इलेक्ट्रिकल सिगनलों की तुलना पर आधारित होता है अत: ट्रांसमिटिंग तथा रिसीविंग यूनिट के मध्य न्यूनतम तीन कन्डक्टर्स की आवश्यकता होती है। चित्र 3.9 में इस प्रणाली का परिपथ दिया गया है।

इस सिस्टम में दो परिपथो की वोल्टेज अथवा धारा के आपेक्षिक (relative) मान के आधार पर मापन किया जाता है। रिसीविंग उपकरण एक प्रकार का अनुपात मीटर (ratiometer) अथवा क्रॉस्ड क्वॉयल (crossed coil) इन्स्ट्रूमैन्ट होता है। इस सिस्टम मे धारा या वोल्टेज का मान एक रिहोस्टेट द्वारा समायोजित किया गया है। रिसीविंग इन्स्ट्रूमैन्ट उनकी वाइन्डिंग पर एप्लाई किये गये पोटैन्शियल के अनुपात के अनुसार डिफ्लैक्ट होता है।



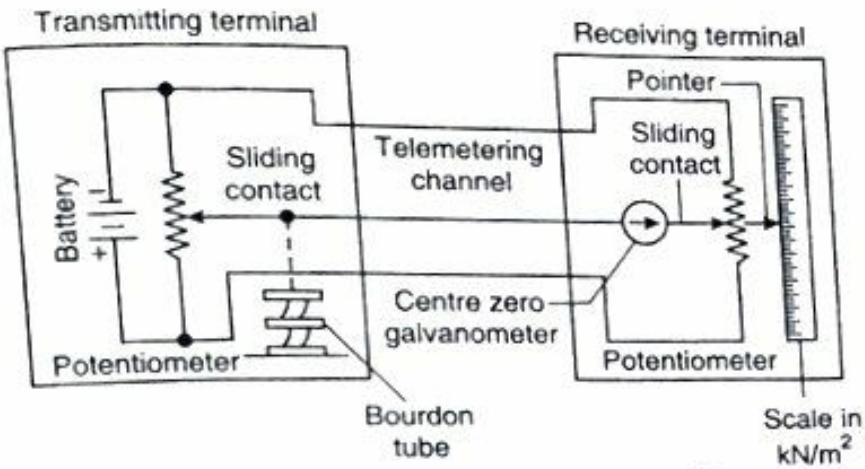
चित्र 3.9—पोजिशन टेलीमीट्री प्रणाली

एलीमैन्ट, जिसकी पोजिशन ट्रांसमिट की जानी है, एक ट्रांसमिटिंग स्लाइड वायर के स्लाइड कॉन्टैक्ट से जुड़ा होता है जिससे कि स्लाइडर को प्रत्येक पोजिशन, स्लाइड वायर के दो भागों के प्रतिरोध के अनुपात में प्रदर्शित सीविंग उपकरण में भी ट्रांसमीटर के समान एक स्लाइड वायर होता है जिसके स्लाइडिंग कॉन्टैक्ट द्वारा डिटैक्टर मे ये धारा शून्य की जा सकती है। इस प्रकार ट्रांसमीटर मे स्लाइडिंग कॉन्टैक्ट के विस्थापन के कारण किसी को रिसीविंग उपकरण मे शिफ्ट द्वारा शून्य पर किया जा सकता है। इस प्रकार ट्रान्समिटिंग यूनिट की पोजिशन मे पुनर्त्पादित की जा सकती है। यह उपकरण व्हीटस्टोन ब्रिज के सिद्धान्त पर कार्य करता है।

ह सिस्टम परिपथों की कुछ दूरी तक के लिए ही उपयुक्त होता है। जहाँ किसी फ्लोट अथवा किसी यान्त्रिक पार्ट के न को रिसीवर मे पुनर्त्पादित करना होता है।

अनेक पोजिशन टेलीमीट्री प्रणालियों मे सिन्क्रोस (synchros) का प्रेयर प्रयुक्त कर शाफ्ट की कोणीय स्थिति (angular on) का अध्ययन किया जा सकता है।

जिसे चित्र 3.10 एवं 3.11 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 3.10—Position telemetering system using a bridge type configuration.

चित्र 3.10 में दो पोटेन्शियोमीटर को एक ही पावर सप्लाई द्वारा ऊर्जा प्रदान की जाती है।

चित्र 3.11 में प्रदर्शित Synchro Transmitter और Reciever मे Torque Transmission mode का प्रयोग किया गया है। दोनों का प्रयोग कर पोजीशन Telemetry प्रणाली में प्रयुक्त प्रयोग किया जाता है जिसका अध्ययन हम Torque ... मे पहले कर चुके हैं।

लैण्ड लाइन टेलीमीट्री के प्रमुख लाभ है—

1. यह कम खर्चीली होती है। (economy)
2. इस प्रणाली की reliability अधिक है।

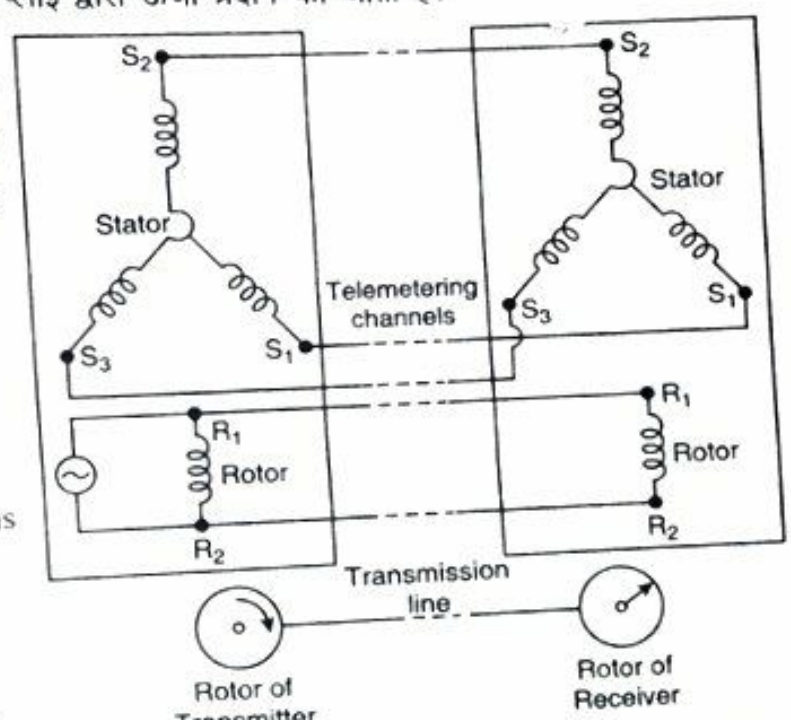
इसके प्रमुख दोष भी हैं—

(i) इस प्रणाली में Transmission Link Distortions होता है।

(ii) आवृत्ति response limited होता है।

(iii) सिगनल multiplacing प्रायोगिक नही है।

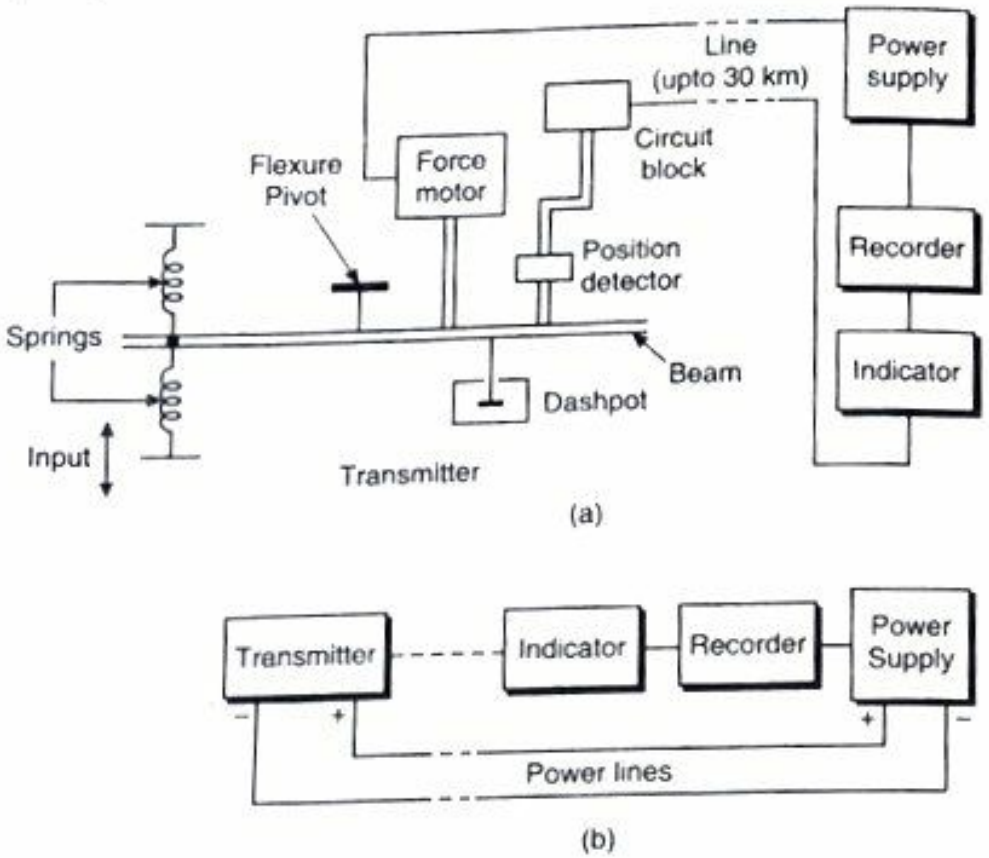
(Signal multiplacing tands to impracticable)



चित्र 3.11—Position telemetering system using synchros.

3.5. लैण्ड लाइन टेलीमीट्री फीडबैक प्रणाली (Land Line Telemetring Feedback System)

धारा और वोल्टेज टेलीमीट्री प्रणाली मे फीडबैक प्रणाली का प्रयोग किया जाता है। धारा टेलीमीट्री प्रणाली मे torque-balance method का उपयोग किया जाता है। जिसे चित्र 3.12 में प्रदर्शित किया गया है। इसमे डी०सी० सप्लाई ट्रांसमीटर भी दी जाती है और रिसीविंग डिवाइस मे Torque को सन्तुलित (Balance) किया जाता है। मापे जाने वाली राशि से Torque Generate किया जाता है। माना रिसीविंग डिवाइस एमीटर है Torque Transmiter 3.9 (a) मे प्रदर्शित किया गया है। मापी जाने वाली राशि द्वारा स्प्रिग में हलचल उत्पन्न की जाती है जिससे beam पर Torque उत्पन्न होता है जिसके साथ Flexure Pivot लगा होता है।



चित्र 3.12—Torque balance Telemetry
(a) Two wire transmitter,
(b) Three wire transmitter.

बीम मे किसी भी हलचल को पोजीशन सैन्सर द्वारा सैन्स किया जाता है जिससे Force Motor में धारा Produce होती है जिससे Balancing Torque उत्पन्न होता है। इस प्रकार बीम पर बहुत थोड़ा (Small) movement होता है और आउटपुट इनपुट के सापेक्ष रेखीय परिवर्तन होता है। यह Closed loop end के कारण होता है।

डी०सी० सिगनल को दो वायर ट्रान्समीटर या तीन वायर ट्रान्समीटर द्वारा Transmitt किया जा सकता है।

इस प्रणाली में

maximum allowable resistance 500 Ω for two wire.

maximum allowable resistance 2000 Ω for three wire.

Variable current in two wire is 0-16 in A.

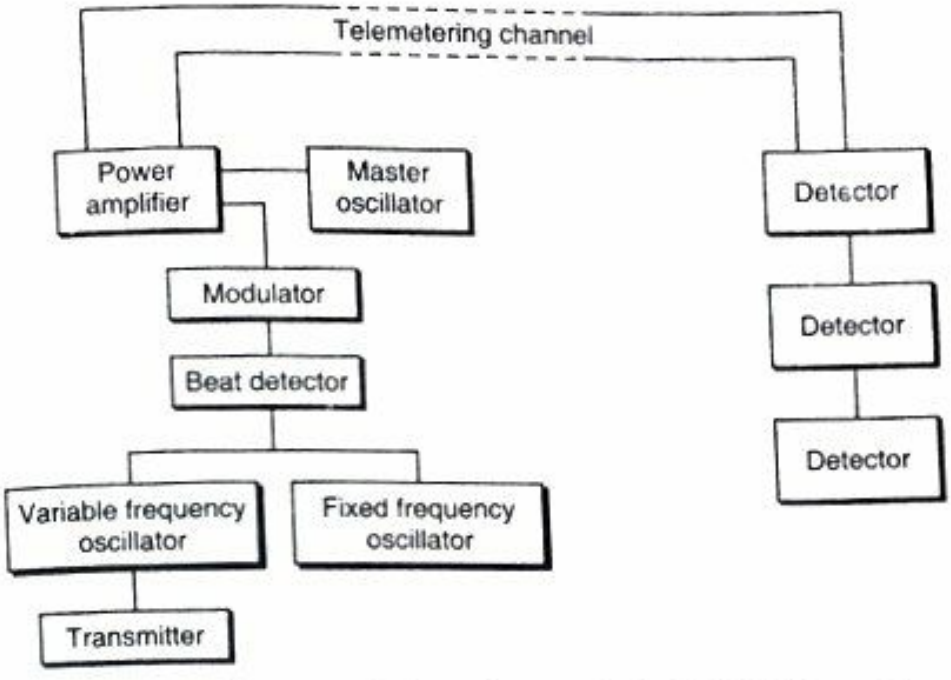
Variable current in three wire is 0-10 in A.

3.6. रेडियो आवृत्ति टेलीमीट्री (Radio Frequency (R.F.) Telemetry)

R.F. टेलीमीट्री प्रणाली में किसी भी भौतिक माध्यम (Physical Link) की आवश्यकता नहीं होती है। यानि कि ट्रान्समीटर स्टेशन और रिसीविंग स्टेशन में Physical link की कोई आवश्यकता नहीं होती है जबकि रिसीविंग स्टेशन पर वास्तविक मापन किया जाता है। दोनों स्टेशनों के मध्य रेडियो लिंक (Radio Link) द्वारा सम्पर्क स्थापित कर Data Transistt किया जाता है।

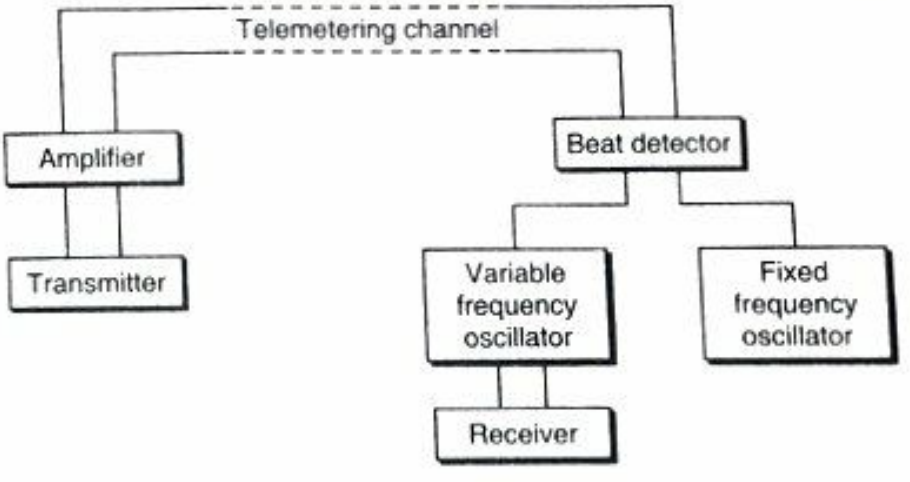
RF टेलीमीट्री प्रणाली का प्रयोग अधिक दूरी पर Data Transistt करने के लिए किया जाता है।

आवृत्ति टेलीमीट्री प्रणाली (Frequency Telemetry System)—फ्रीक्वैन्सी टेलीमीट्री प्रणालियों में टेलीमीटर किए गए मान (magnitudes) एक परिवर्ती फ्रीक्वैन्सी की AC वोल्टेज अथवा धारा द्वारा प्रदर्शित किए जाते हैं। चित्र 3.13 तथा 3.14 में एक फ्रीक्वैन्सी टेलीमीट्री प्रणाली का ब्लॉक डायग्राम दिया गया है।



चित्र 3.13—कैरियर धारा ट्रांसमिशन के साथ फ्रीक्वैन्सी टेलीमीट्री प्रणाली

इस प्रणाली के ट्रांसमीटर में एक परिवर्ती कैपेसिटर, इन्स्ट्रूमैन्ट की शाफ्ट के साथ यान्त्रिक रूप से जुड़ा (mechanically attached) होता है जिसकी रीडिंग टेलीमीटर की जानी है। कैपेसिटर एक ऑसिलेटर के परिपथ में कनैक्ट किया जाता है जिससे कि आउटपुट फ्रीक्वैन्सी इन्स्ट्रूमैन्ट की रीडिंग (Change in value measurement) के अनुसार परिवर्तित होती है।



चित्र 3.14—एक बेसिक फ्रीक्वैन्सी टेलीमीट्री प्रणाली

ऑसिलेटर की आउटपुट एक फिक्सड फ्रीक्वैन्सी के अन्य ऑसिलेटर के साथ कपल्ड (coupled) होती है जो पहले ऑसिलेटर की फ्रीक्वैन्सी के लगभग बराबर होती है। आउटपुट एक बीट फ्रीक्वैन्सी होती है जिसे एक इलेक्ट्रिक सर्किट द्वारा डिटैक्ट किया जाता है। यह टेलीमीटर किये गये मान का माप होती है। बीट फ्रीक्वैन्सी सिगनल को कनैक्टिंग लाइन द्वारा रिसीविंग स्टेशन को ट्रांसमिट किया जाता है। रिसीविंग साइड मे यह एक डायरैक्ट रीडिंग फ्रीक्वैन्सी मीटर को ऑपरेट करती है जो मापी जाने वाली राशि के पदो में अंशांकित (calibrate) होती है।

फ्रीक्वैन्सी टेलीमीट्री प्रणाली के सिगनल किसी भी फिजीकल परिपथ पर ट्रांसमिट किये जा सकते है। इनका कैरियर धारा, ऑडियोटोन तथा माइक्रोवेव चैनलों मे व्यापक उपयोग किया जाता है।

पल्स टेलीमीट्री प्रणाली (Pulse Telemetering System)—उपरोक्त वर्णन किये गये टेलीमीट्री प्रणालियों में सिगनलो का इलेक्ट्रिकल मॉडुलेशन किया जाता है तथा मॉडुलेशन के पश्चात् ऑपरेटिंग रेंज में सिगनलों के असंख्य मान (infinite value of signal) प्राप्त होते है जिनमे से प्रत्येक मापी जाने वाली राशि का संगत (corresponding) मान प्रदर्शित करता है।

इम्पल्स (अथवा पल्स) टेलीमीट्री मे पल्स जेनरेट की जाती हैं जो OFF होती हैं अथवा ON होती है। पल्स के आयाम का महत्त्व नहीं होता है, पल्स का प्रारम्भ (beginning) तथा अन्त (termination) ही महत्त्वपूर्ण सूचना उपलब्ध कराते है। पल्स सिगनल लम्बी दूरी तक ट्रांसमिट किये जा सकते हैं। ट्रांसमिशन में सिगनल की वास्तविकता (fidelity) मे किसी प्रकार की हानि नहीं होती तथा अन्य प्रणालियों की भाँति परफैक्ट परिपथों एवं चैनल की भी आवश्यकता नहीं होती है।

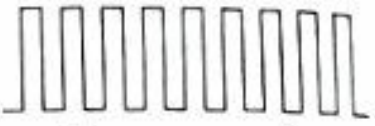
पल्स टेलीमीट्री सिस्टम का रेडियो टेलीमीट्री में व्यापक उपयोग किया जाता है जिसमें अनेक प्रकार के चैनल उपलब्ध होते हैं तथा उनकी आवृत्ति निम्नतम से माइक्रोवेव (lowest of microwave) तक होती है।

पल्स टेलीमीट्री मे विद्युत पल्सो को उपयुक्त करने की अनेक विधियाँ हैं—उदाहरणत: (i) पल्स काउन्टिंग (pulse counting), (ii) पल्स फ्रीक्वैन्सी, (iii) पल्स आयाम (pulse amplitude), (iv) पल्स ड्यूरेशन (pulse duration) अथवा पल्स विड्थ, (v) पल्स पोजिशन (pulse position), (vi) पल्स कोड (pulse code)। इन विधियों द्वारा सिगनलों को लम्बी दूरी तक ट्रांसमिट कर रिसीविंग स्टेशन पर पल्स रिसीवर द्वारा रिसीव कर तथा प्रोसैस कर मापी जाने वाली राशियों (measurand) की स्थिति ज्ञात की जा सकती है।

RF टेलीमीट्री प्रणाली प्रयुक्त उपरोक्त मॉडुलेशन का अध्ययन भी आवश्यक है जिसे सूक्ष्म रूप में समझाया गया है।

अब तक आपने AM, FM तथा PM के विषय मे पढ़ा। यह सभी मॉडुलेशन तकनीकें कन्टीन्युअस मॉडुलेशन तकनीकें (Continuous modulation techniques) हैं क्योंकि इनमें कैरियर तरंग एक Continuous तरंग होती है।

जिस प्रकार एक ज्या तरंग (sine wave) के आयाम, आवृत्ति तथा फेज को मॉडुलेटिंग सिगनल द्वारा मॉडुलेट किया जा सकता है, ठीक उसी प्रकार किसी पल्स ट्रेन (pulse train) (चित्र 3.15) के आयाम, आवृत्ति तथा फेज (या पोजीशन) को भी मॉडुलेट किया जा सकता है। पल्स मॉडुलेशन से सम्बन्धित विस्तृत जानकारी लेकर यह अध्याय आपके सामने है। इस पाठ में आप पल्स आयाम मॉडुलेशन (PAM), पल्स विड्थ मॉडुलेशन (PWM) तथा पल्स पोजीशन मॉडुलेशन के विषय मे पढ़ेंगे।



चित्र 3.15—पल्स ट्रेन

दूरसंचार (telecommunication) के क्षेत्र मे प्रयुक्त होने वाले पल्स कोड मॉडुलेशन (PCM) की विस्तृत जानकारी भी आपको इस पाठ में दी जायेगी। एनॉलॉग व डिजीटल मॉडुलेशन तकनीकें कौन-कौन सी हैं, इसकी जानकारी भी इस पाठ में दी जा रही है।

3.7. पल्स मॉडुलेशन पद्धति व कन्टीन्युअस तरंग मॉडुलेशन पद्धति में अन्तर (Difference Between Pulse Modulation Systems and Continuous Wave Modulation Systems)

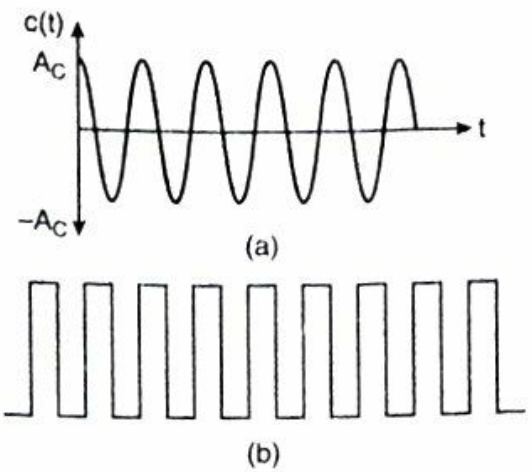
कन्टीन्युअस वेव मॉडुलेशन पद्धति (Continuous Wave Modulation System) या CW modulation)—Continuous wave modulation में एक उच्च आवृत्ति sine तरंग (चित्र 3.16 (a)) को कैरियर तरंग के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

मॉडुलेटिंग सिगनल द्वारा इस उच्च आवृत्ति sine तरंग का मॉडुलेशन किया जाता है। चूँकि कैरियर तरंग continuous a.c. होती है, अत: इसे CW मॉडुलेशन कहा जाता है; जैसे—AM, FM, PM इत्यादि।

पल्स मॉडुलेशन पद्धति (Pulse modulation system)—इसमें कैरियर तरंग एक पल्स ट्रेन (चित्र 3.16 (b)) होती है अर्थात् इसमें कैरियर तरंग continuous न होकर पल्सों के आकार में होती है।

पल्स संचार पद्धति का मुख्य लाभ पॉवर की बचत है। इसकी noise performance भी अच्छी होती है। किन्तु पल्स मॉडयुलेशन तथा डिमॉडुलेशन के उपकरण जटिल व महंगे होते हैं।

CW मॉडुलेशन में उच्च आवृत्ति sine तरंग को कैरियर के रूप में प्रयुक्त किया जाता है जबकि पल्स मॉडुलेशन में पल्स ट्रेन को कैरियर के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।



चित्र 3.16—(a) CW मॉडुलेशन में कैरियर हेतु प्रयुक्त उच्च आवृत्ति (sine) तरंग
(b) पल्स मॉडुलेशन में कैरियर हेतु प्रयुक्त पल्स ट्रेन

3.8. विभिन्न प्रकार के पल्स मॉडुलेशन (Different Types of Pulse Modulation)

पल्स मॉडुलेशन वह मॉडुलेशन तकनीक है जिसमें पल्स ट्रेन के किसी अभिलक्षण जैसे आयाम, चौड़ाई (width) या स्थिति (position) को मॉडुलेटिंग सिगनल के अनुरूप परिवर्तित किया जाता है।

"In pulse modulation, some parameter of a pulse train is varied in accordance with the message signal."

पल्स मॉडुलेशन मुख्यत: दो प्रकार का होता है—

एनॉलॉग (Analog) तथा डिजीटल (Digital)

(a) पल्स एनालॉग मॉडुलेशन (Pulse Analog Modulation)—पल्स एनालॉग मॉडुलेशन में Periodic पल्स ट्रेन के किसी अभिलक्षण (parameter) (जैसे—आयाम, विड्थ, पोजीशन) को मॉडुलेटिंग सिगनल के मान के अनुरूप परिवर्तित किया जाता है। पल्स एनॉलॉग मॉडुलेशन में पल्स ट्रेन के अभिलक्षण में मॉडुलेटिंग तरंग के मान के अनुसार सतत् (continuous) परिवर्तन होता है अर्थात् मॉडुलेटेड पल्स का पैरामीटर कुछ भी मान ले सकता है अर्थात् उसके मान पर कोई प्रतिबन्ध (restriction) नहीं होता है। पल्स एनॉलॉग मॉडुलेशन मुख्यत: निम्न प्रकार का होता है—

(i) पल्स आयाम मॉडुलेशन (Pulse Amplitude Modulation (PAM))

(ii) पल्स विड्थ मॉडुलेशन (Pulse Width Modulation (PWM)) या पल्स ड्यूरेशन मॉडुलेशन (Pulse Duration Modulation (PDM))

(iii) पल्स पोजीशन मॉडुलेशन (Pulse Position Modulation (PPM))

(b) पल्स डिजीटल मॉडुलेशन (Pulse digital modulation)—इस विधि में पहले पल्स को मॉडुलेटिंग सिगनल के अनुरूप आयाम मॉडुलेटेड (PAM) किया जाता है, तथा फिर PAM सिगनल की प्रत्येक पल्स के आयाम को बाइनरी कोड (Binary code) में परिवर्तित कर दिया जाता है।

डिजीटल मॉडुलेशन में मॉडुलेटेड पल्स ट्रेन निर्धारित मानों (restricted values) में से कोई एक मान ले सकती है जिसको बाइनरी कोड में कनवर्ट किया जा सकता है। अत: बाइनरी कोड में कनवर्ट करने से पहले पल्सों के आयाम स्तर को उसके सबसे नजदीक वाले निर्धारित आयाम स्तर पर राउन्ड ऑफ (round off) किया जाता है।

पल्स डिजीटल मॉडुलेशन मुख्यत: निम्न प्रकार का होता है—

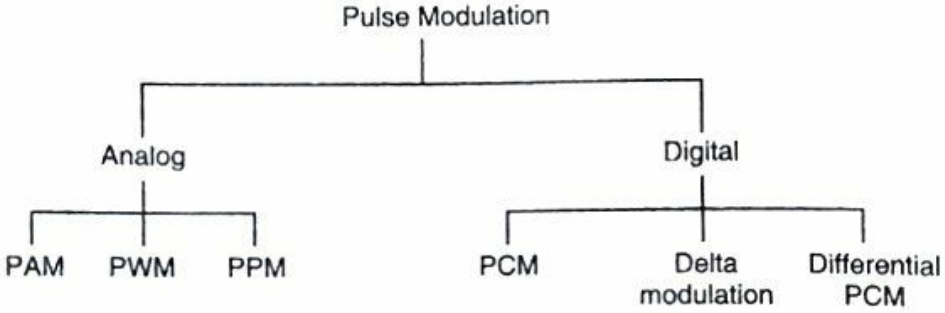
(i) पल्स कोड मॉडुलेशन (Pulse Code Modulation or PCM)

(ii) डेल्टा मॉडुलेशन (Delta Modulation)

(iii) डिफ्रैंशियल PCM (Differe:.tial PCM)

विभिन्न प्रकार के पल्स मॉडुलेशन का वर्गीकरण तालिका 3.1 में प्रदर्शित है—

तालिका 3.1 विभिन्न प्रकार के पल्स मोडुलेशन



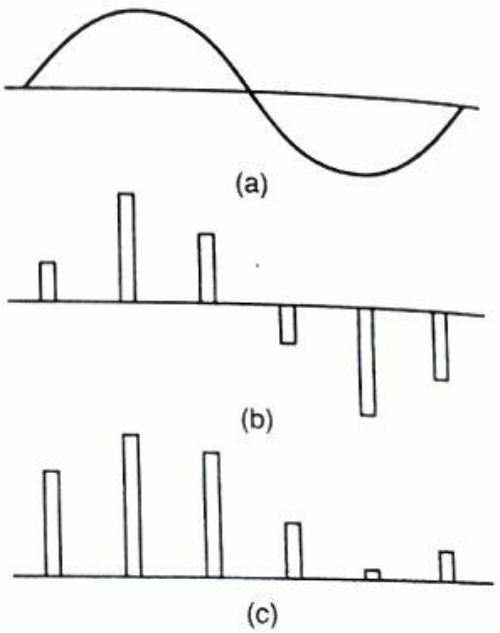
पल्स मॉडुलेशन पद्धति में पल्स ट्रेन को कैरियर के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। पल्स मॉडुलेशन एनॉलॉग या डिजीटल हो सकता है। एनॉलॉग मॉडुलेशन में पल्स का variable parameter कुछ भी मान ले सकता है (जैसे PAM, PWM, PPM)। डिजिटल मॉडुलेशन में variable parameter निर्धारित मान ही ले सकता है जिनको बाइनरी कोड में परिवर्तित करके ट्रांसमिट किया जाता है। (जैसे PCM)।

3.9. पल्स आयाम मॉडुलेशन (Pulse Amplitude Modulation or PAM)

"PAM एक ऐसी पल्स मॉडयुलेशन पद्धति है, जिसमें सिगनल को नियमित अंतराल (regular intervals) पर सैम्पल (sample) किया जाता है, तथा प्रत्येक सैम्पल का मान सैम्पलिंग क्षण (sampling interval) पर मॉडुलेटिंग सिगनल के आयाम के समानुपाती (proportional) होता है।"

"पल्स आयाम मॉडुलेशन में पल्सों के आयाम को (amplitude of pulses) मॉडुलेटिंग तरंग के मान के समानुपाती परिवर्तित किया जाता है।"

"In Pulse-amplitude modulation, the amptitude of pulses varies with the instantaneous sample values of a message signal."



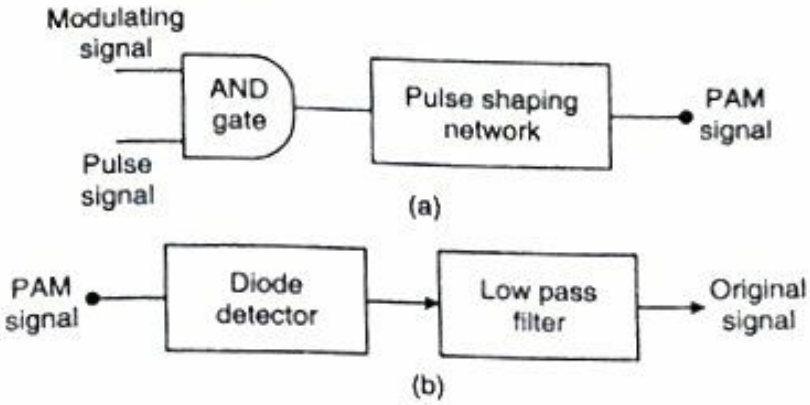
चित्र 3.17—(a) पल्स आयाम मॉडुलेटिंग (b) मॉडुलेटिंग सिगनल।

PAM निम्न प्रकार के हो सकते हैं—

(i) द्वय ध्रुवता PAM (Double Polarity PAM) जिसमें मॉडुलेटेड पल्स पॉजिटिव या निगेटिव हो सकती हैं (चित्र 3.17 (a))।

(ii) एकल ध्रुवता PAM (Single polarity PAM) जिसमें मॉडुलेटेड पल्स केवल पॉजिटिव होती हैं (चित्र 3.17 (b))।

PAM को जनरेट करना (Generation of PAM)—PAM सिगनल जनरेट करने के लिये AND गेट के एक इनपुट पर मॉडुलेटिंग सिगनल को तथा दूसरे इनपुट पर सैम्पलिंग आवृत्ति (sampling frequency) की पल्स ट्रेन apply की जाती है (चित्र 3.18 (a))। सैम्पलिंग आवृत्ति (अर्थात् Sampling rate) Nyquist rate के बराबर या उससे अधिक रखी जाती है।



चित्र 3.18—(a) PAM जनरेशन (b) PAM डिमॉडुलेशन

AND गेट के आउटपुट पर प्राप्त होने वाली पल्सों का आयाम मॉडुलेटिंग सिगनल के मान के समानुपाती होता है। इन पल्सों को एक पल्स शेपिंग नेटवर्क से pass किया जाता है, जिससे flat tops वाली पल्स प्राप्त होती हैं।

PAM का डिमॉडुलेशन (Demodulation of PAM)—रिसीवर पर प्राप्त PAM पल्सों को एक डायोड डिटैक्टर (diode detector) (इसके विषय में आप अगले अध्याय में पढ़ेंगे) को apply किया जाता है। इसके पश्चात् उनको एक low pass फिल्टर से pass किया जाता है। Low pass फिल्टर के आउटपुट पर डिमॉडुलेटेड सिगनल (demodulated signal) प्राप्त हो जाता है (चित्र 3.18(b))।

PAM के दोष (Limitations of PAM)—

(i) पल्स मॉडुलेशन का मुख्य लाभ यह है कि इसमें नियत आयाम (constant amplitude) की पल्सों को ट्रांसमिट किया जाना सम्भव होता है (जैसे कि PPM, PWM में)। किन्तु PAM में यह लाभ प्राप्त नहीं हो पाता क्योंकि PAM पल्सों का आयाम नियत नहीं होता है।

(ii) PAM पर शोर (noise) का प्रभाव आसानी से हो जाता है क्योंकि शोर पल्सों के आयाम को आसानी से प्रभावित कर देता है।

PAM के अनुप्रयोग (Applications of PAM)—PAM को इंस्ट्रूमेन्टेशन सिस्टम में (instrumentation system) में, एनालॉग टू डिजिटल कनवर्टर (A/D converters) में प्रयोग किया जाता है। PCM सिगनल उत्पन्न करते समय PAM को एक बीच के स्टेज (intermediate stage) के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। PAM की सीमाओं (limitations) (अर्थात् शोर का प्रभाव तथा पल्सों का मान नियत न होना) के कारण सिगनल के Direct ट्रांसमिशन में इसका प्रयोग बहुत कम किया जाता है।

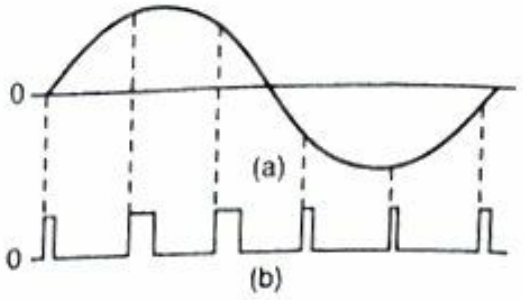
PAM एक पल्स मॉडुलेशन पद्धति है, जिसमें सिगनल को नियमित अन्तराल पर सैम्पल किया जाता है तथा प्रत्येक सैम्पल, सैम्पलिंग क्षण पर मॉडुलेटिंग सिगनल के मान के समानुपाती होता है।

3.10. पल्स विड्थ मॉडुलेशन (Pulse Width Modulation)

"पल्स विड्थ मॉडुलेशन में प्रत्येक पल्स की विड्थ (चौड़ाई) मॉडुलेटिंग सिगनल के तात्क्षणिक मान के समानुपाती होती है।"

"In pulse width modulation, the samples of the message signal are used to vary the duration of individual pulses."

चित्र 3.19 में PWM को प्रदर्शित किया गया है। PWM में प्रत्येक पल्स का आयाम समान रहता है। प्रत्येक पल्स का Starting time भी Unmodulated pulse train की पल्स के Starting time के समान होता है। किन्तु प्रत्येक पल्स की चौड़ाई (विड्थ) अलग-अलग होती है। PWM तरंग की पल्सों की चौड़ाई मॉडुलेटिंग सिगनल के तात्क्षणिक मान के समानुपाती होती है। यदि मॉडुलेटिंग सिगनल का मान अधिक है, तो पल्स की चौड़ाई अधिक होगी। यदि मॉडुलेटिंग सिगनल का मान कम है, तो पल्स की चौड़ाई कम होगी। PWM का PDM (pulse duration modulation) भी कहा जाता है।



चित्र 3.19—पल्स विड्थ मॉडुलेशन (a) मॉडुलेटिंग (b) PWM तरंग

PWM का जनरेशन (Generation of PWM)—PWM को मोनोस्टेबल मल्टीवाइब्रेटर (Monostable Multivibrator) की सहायता से जनरेट किया जा सकता है। इसके लिये मोनोस्टेबल मल्टीवाइब्रेटर में सैम्पलिंग रेट (sampling rate) पर ट्रिगर पल्स apply करके पल्सो के Starting time को कन्ट्रोल किया जाता है तथा इन पल्सों की अवधि (चौड़ाई) को मॉडुलेटिंग सिगनल द्वारा कन्ट्रोल किया जाता है।

PWM का डिमॉडुलेशन (Demodulation of PWM)—PWM तरंग को समाकलन परिपथ (intergrating circuit) को दिया जाता है। इंटीग्रेटर की आउटपुट पर प्राप्त सिगनल का आयाम पल्सों की चौड़ाई के समानुपाती होता है। अत: आउटपुट पर मूल सिगनल प्राप्त हो जाता है।

PWM के गुण (Merits of PWM)—इसमें ट्रांसमीटर तथा रिसीवर के मध्य समक्रमिकता (synchronization) की आवश्यकता नही होती अर्थात् यदि ट्रांसमीटर तथा रिसीवर synchronize न भी हों, तो भी PWM कार्य कर सकता है। यह सुविधा PPM मे उपलब्ध नही होती है।

PWM के दोष (Limitations of PWM)—पल्स विड्थ मॉडुलेशन का मुख्य दोष यह है कि पल्सो की चौड़ाई भिन्न होती है जिससे उनकी पॉवर भी भिन्न होती है। अत: ट्रांसमीटर की पॉवर क्षमता अधिकतम चौड़ाई वाली पल्सों (maximum width pulses) के अनुसार रखनी पड़ती है, जबकि औसत ट्रांसमीटेड पॉवर (average tranmitted power) का मान शिखर पॉवर (peak power) के मान का लगभग आधा होता है। PPM में यह समस्या उत्पन्न नहीं होती क्योंकि PPM मे सभी पल्सो की चौड़ाई (अवधि) समान होती है।

PWM सिगनल में पल्सों की अवधि या चौड़ाई (duration or width) मॉडुलेटिंग सिगनल के तात्क्षणिक मान के समानुपाती होती है।

3.11. पल्स पोजीशन मॉडुलेशन (Pulse Position Modulation or PPM)

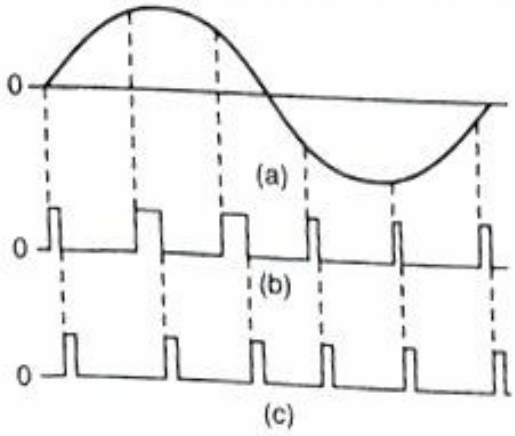
"पल्स पोजीशन मॉडुलेशन में प्रत्येक पल्स की पोजीशन (अनमॉडुलेटेड पल्स पोजीशन के सापेक्ष (with respect to position of unmodulated pulse) को मॉडुलेटिंग सिगनल के तात्क्षणिक मान के समानुपाती, परिवर्तित किया जाता है।"

"In pulse position modulation, the position of a pulse relative to the position of unmodulated pulse (i.e. relative to its unmodulated time of occurance) is varied in accordance with the message signal."

चित्र 3.20 में PPM को प्रदर्शित किया गया है। PPM में प्रत्येक पल्स का आयाम व चौड़ाई नियत रहती है। PPM तरंग की पल्स की पोजीशन (अनमॉडुलेटेड पल्स के सापेक्ष) मॉडुलेटिंग तरंग के अनुरूप परिवर्तित होती रहती है। यदि मॉडुलेटिंग सिगनल का मान अधिक है तो मॉडुलेटेड पल्स अनमॉडुलेटेड पल्स की अपेक्षा अधिक देरी से प्रकट (occur) होगी अर्थात् उसकी पोजीशन (स्थिति), अनमॉडुलेटेड पल्स से अधिक दूरी पर होगी।

यदि मॉडुलेटिंग सिगनल का मान कम है तो मॉडुलेटिंग पल्स तथा अनमॉडुलेटेड पल्स के मध्य समय देरी (Time delay) कम होगा अर्थात् मॉडुलेटेड व अनमॉडुलेटेड पल्सों के मध्य दूरी कम होगी।

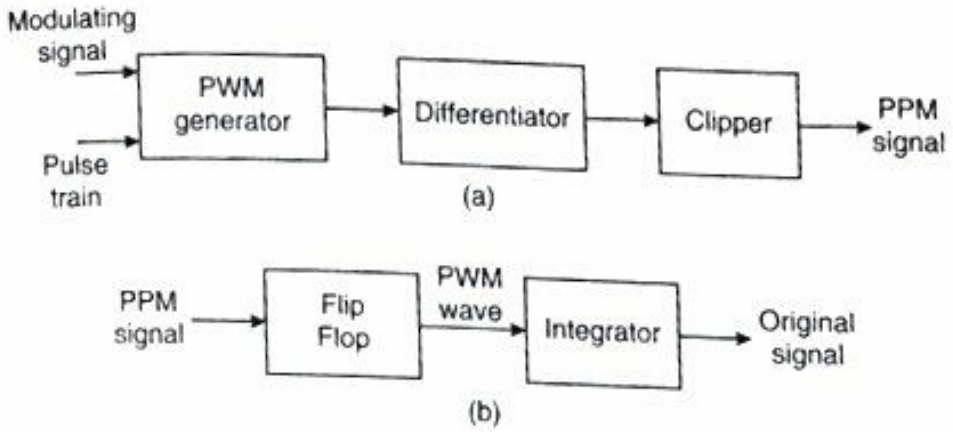
अत: हम कह सकते हैं कि PPM में एक प्रकार से पल्स ट्रेन का फेज मॉडुलेशन हो जाता है।



चित्र 3.20—पल्स पोज़ीशन मॉडुलेशन
(a) मॉडुलेटिंग तरंग (b) PWM तरंग (c) PPM तरंग

PPM का जनरेशन (Generation of PPM)—PPM जनरेट करने की विधि चित्र 3.21 (a) में प्रदर्शित है। PPM जनरेट करने हेतु पहले PWM तरंग जनरेट की जाती है (मोनोस्टेबल मल्टीवाइब्रेटर की सहायता से)। फिर इस PWM सिगनल को डिफ्रैंशियेटर को दिया जाता है। डिफ्रैंशियेटर (Differentiator) की आउटपुट क्लिपर या रैक्टीफायर परिपथ को दी जाती है। डिफ्रैंशियेटर की आउटपुट पर PPM सिगनल प्राप्त हो जाता है।

PPM का डिमॉडुलेशन (Demodulation of PPM)—चित्र 3.21 (b) में PPM के डिमॉडुलेशन की विधि दिखाई गई है। PPM तरंग को डिमॉडुलेशन करने हेतु उसे पहले फ्लिप-फ्लॉप की सहायता से PWM में कनवर्ट किया जाता है। फ्लिप फ्लॉप की आउटपुट पर प्राप्त PWM तरंग को इन्टीग्रेटर को दिया जाता है। इन्टीग्रेटर की आउटपुट पर मूल तरंग प्राप्त हो जाती है।



चित्र 3.21—(a) PPM जनरेशन (b) PPM का डिमॉडुलेशन

PPM को PWM में कनवर्ट करते समय फ्लिप फ्लॉप की एक इनपुट पर ट्रिगर पल्सें दी जाती हैं। इन पल्सों की, ट्रान्समीटर की ट्रिगर पल्सों से समक्रमिकता (synchronization) होना अत्यन्त आवश्यक है, अन्यथा डिमॉडुलेशन सम्भव नहीं है।

फ्लिप फ्लॉप द्वारा PPM तरंगें PWM तरंगों में किस प्रकार कनवर्ट हो जाती है—RS फ्लिप फ्लॉप की एक इनपुट (S input) पर PPM पल्स तथा दूसरी इनपुट (R input) पर ट्रिगर पल्स की जाती है। अत: ट्रिगर पल्स फ्लिप फ्लॉप को रिसैट (स्विच ऑफ) करती है, तत्पश्चात् PPM पल्स आकर फ्लिप फ्लॉप को सैट (स्विच ऑन) कर देती है। अत: फ्लिप फ्लॉप के ऑफ रहने का समय ट्रिगर पल्स व PPM पल्स की मध्य समय देरी (time delay) पर निर्भर करता है। अत: फ्लिप फ्लॉप की आउटपुट पर PWM सिगनल प्राप्त होता है, जिसे इन्टीग्रेटर में देकर मूल मॉडुलेटिंग सिगनल प्राप्त किया जा सकता है।

PPM के गुण (Merits of PPM)—PPM में प्रत्येक पल्स की चौड़ाई (अर्थात् अवधि) समान होती है, अत: ट्रांसमीटर पॉवर नियत रहती है। पल्सों का आयाम भी नियत रहता है, अत: यह Noise से प्रभावित नहीं होता है।

PPM के दोष (Limitations of PPM)—PPM में रिसीवर तथा ट्रांसमीटर में Synchronization आवश्यक है।

प्रश्नावली

1. सिग्नल ट्रान्समीशन और टैलीमीट्री से आप क्या समझते हैं? विस्तृत निबन्ध लिखिए।
2. टैलीमीट्री से आप क्या समझते हैं? व्याख्या कीजिए।
3. सामान्य टैलीमीट्री प्रणाली को समझाइए। ब्लॉक आरेख खीचिए।
4. डाटा प्रसारण की विधियाँ लिखिए।
5. सामान्य टैलीमीट्री प्रणाली में प्रदर्शन को ब्लॉक आरेख बनाकर समझाइए।
6. ट्रान्समीशन चैनल क्या है? समझाइए।
7. टैलीमीट्री प्रणाली कितने प्रकार की होती है? लिखिए।
8. लैण्डलाइन ट्रैलीमीट्री प्रणाली को विस्तृत रूप से समझाइए।
9. वोल्टेज टैलीमीट्री प्रणाली क्या होती है? समझाइए।
10. धारा टैलीमीट्री प्रणाली क्या होती है? समझाइए।
11. मोशन बैलेन्स धारा टैलीमीट्री प्रणाली को चित्र बनाकर समझाइए।
12. बल बैलेन्स धारा टैलीमीट्री प्रणाली को चित्र बनाकर समझाइए।
13. पोजीशन टेलीमीट्री प्रणाली को चित्र बनाकर समझाइए।
14. पोजीशन टेलीमीट्री को ब्रिज टाइप संरचना से समझाइए।
15. पोजीशन टैलीमीट्री को सिन्क्रोस का प्रयोग कर समझाइए।
16. लैण्ड लाइन टैलीमीट्री फीड बैक प्रणाली का प्रयोग कर व्याख्या कीजिए।
17. आघूर्ण बैलेन्स टैलीमीट्री को चित्र बनाकर लिखिए।
18. दो तार ट्रांसमीटर एवं तीन तार ट्रान्समीटर का प्रयोग कर आघूर्ण बैलेन्स टैलीमीट्री को चित्र बनाकर विस्तृत व्याख्या कीजिए।
19. रेडियो आवृत्ति (RF) टैलीमीट्री को चित्र बनाकर समझाइए।
20. पल्स टैलीमीट्री प्रणाली को समझाइए।
21. पल्स मॉडुलेशन पद्धति व सतत् तरंग मॉडुलेशन में अन्तर लिखिए।
22. पल्स मॉडुलेशन कितने प्रकार के होते हैं? समझाइए।
23. पल्स पोजीशन मॉडुलेशन की व्याख्या कीजिए। इसके गुण एवं दोष लिखिए।