เล่าเท่าที่รู้ : SPD อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ

ตั้งแต่ได้มีโอกาสร่วมงานการร่างคู่มือระบบการต่อลงดิน และระบบป้องกันฟ้าผ่า ของสมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย ทำให้ได้ศึกษาเรียนรู้มากมายจนเรียกได้ว่า เป็นศาสตร์ใหม่ที่เคยอยู่ในพื้นที่สีเทาๆ ที่ใช้ตามๆ กันไปตามประสา อ่านเองพูดคุยกันอย่างไรก็ดูเหมือนจักยังไม่เห็นแสงสว่างที่ปลายอุโมงค์ เคยไปรับฟังการสัมมนายิ่งเป็นการตอกย้ำความเขลาเข้าไปอีก ทำไมมันถึงได้ยากอย่างนี้ที่มีทั้งฝั่งอเมริกาตาม IEEE และฝั่งยุโรปที่เป็น IEC โถโถ...อนาถแท้ยืนรำพึงอยู่บ่อย ทุกครั้งที่ต้องเขียน SPD ลงในแบบ ในสเปค แต่มิได้หมายความว่า มีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนจากความถูกต้อง แต่ความถูกต้องที่ปฏิบัติอยู่นั้นเป็นไปแบบที่เรียกว่า ใช้ฐานกำหนดตามมาตรฐาน (regular base) โดยความตั้งใจที่ช่วงชีวิตช่วงท้ายๆ ของชีวิตนี้ตั้งใจจักปฏิบัติตัวตั้งใจที่จักทำงานที่จักใช้ฐานผลจากงานเนื้อแท้ๆ (performance base) จนแล้วจนรอดจนจักถอดใจสำหรับเรื่องนี้ ตั้งใจจักปล่อยวางให้คนรุ่นต่อไปได้เรียนรู้ถ่ายทอดต่อวิศวกรไทยของเราต่อไปในภายภาคหน้านี้เถอะนะ จนกระทั่งได้มีโอกาสดังกล่าวข้างต้น แล้ววันนี้ก็มาถึงเป็นวันที่ได้แรงบันดาลใจแนวทางการถ่ายทอด แลดังชั้นเชิงความคิดได้เริ่มตกผลึกเกร็ดเล็กๆ (ย้ำแค่เกร็ดเล็กๆ) แต่อาจหาญจักขอเป็นจุดเริ่มต้นของเรื่องในฝั่งสีเทางานวิศวกรรมไฟฟ้าที่ชุกในชอกหลืบสำหรับคนไม่กี่มากน้อยที่มีใช้งานอย่างสนุกสนาน

ก่อนจักไปถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จเราสมควรจักได้รู้ว่าเป็นส่วนประกอบย่อยของส่วนใด โดยต้องขอเริ่มต้นที่ระบบป้องกันฟ้าผ่า เมื่อมองไกลไปบนท้องฟ้ายามฝนตกฟ้าคะนองจะเห็นปรากฏการณ์มากมายไม่ว่าจักเป็นฟ้าร้อง ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ฤแม้แต่ฝนตก ลมพายุ ลูกเห็บตก ล้วนเป็นปรากฏการณ์ที่สังเกตได้บนท้องฟ้าเมื่อยามที่มีฝนตก แต่ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของเราก็คือ เริ่มตั้งแต่ปรากฏการณ์ฟ้าแลบ ที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายประจุจากก้อนเมฆก้อนหนึ่งมายังก้อนเมฆอีกก้อนหนึ่ง แม้นจักไม่เกี่ยวข้องกับเราโดยตรงแต่ก็เป็นพื้นฐานของปรากฏการณ์ถัดมาคือปรากฏการณ์ฟ้าผ่าอาคาร ฤส่วนของอาคารผ่านลงสู่ดิน มีข้อความในมาตรฐานข้อความหนึ่งว่า ครึ่งหนึ่งของขนาดค่ากระแสฟ้าผ่าที่ลงมาทั้งหมดจักไหลลงดิน ครึ่งหนึ่งที่เป็นครึ่งแรกนี้เราเรียกว่า **ฟ้าผ่าภายนอก** ทำให้ต้องมีระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก ส่วนอีกครึ่งหนึ่งจักกระจายเข้าไปในอาคารผ่านลายตัวนำหรือท่อลาธารณูปโภคที่เป็นโลหะ ครึ่งหนึ่งที่เป็นครึ่งหลังนี้แหละที่เราเรียกว่า **ฟ้าผ่าภายใน** ทำให้ต้องมีระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน เรื่องนี้เองที่เราจักได้ทำความรู้จักกันให้มากขึ้นจากงานเขียนชิ้นนี้ ฤแม้แต่ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าลงดินโดยตรง ที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายประจุจากก้อนเมฆก้อนหนึ่งมายังพื้นดินไม่ผ่านส่วนใดๆ ของโครงสร้างอาคาร หากฟ้าผ่าลงพื้นดินโดยตรง ผลกระทบจักไม่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก แต่จักเกี่ยวข้องกับระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน และระบบการต่อลงดิน โดยระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน

ผมจักเริ่มต้นอย่างไรดี เป็นคำถามแรกเมื่อได้เริ่มต้นเตรียมภาพลถานพยาบาลมาสักที่แบบที่ทั้งลองคนไม่เคยออกแบบกันมาเลยที่ทั้งขนาดเล็ก แลมีฟังก์ชันครบเหมือนโรงพยาบาลแต่ไม่ใช่ การครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากเพื่อนร่วมงาน ท่านเป็นลถาปนิกมือใหม่ *(ใหม่ขนาดนับวันที่ลภามหาลัยฯ อนุมัติใบปริญญาเลยทีเดียว)* ดังนี้แล้วผู้เขียนแลท่านผู้อ่านจักต้องใช้แบบฤภาพดีป (perspective) นี้ จนกว่าจักจบบทความนี้ แบบที่ว่าผู้เขียนได้แลดงไว้ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงรูปอาคารเสมือนสถานพยาบาลดูหลอลุยภาพ

จากรูปที่ 1 หากดูดีดีจักเห็นได้ว่าเป็นสถานพยาบาลอะไรสักอย่างที่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพซึ่งครบสรรพ ในการนำมาแสดงนี้มิได้มีเจตนาจักแสดงเป็นแบบที่จักนำไปเสนอเป็นสถานพยาบาลในชีวิตจริงได้ เนื่องจากฟังก์ชันที่สมบูรณ์ใช้งานได้จริงจังนั้นคงต้องมีการเพิ่มเติมอีกทั้งในแต่ละฟังก์ชันก็ต้องการพื้นที่ที่แตกต่างไปจากแบบที่แสดง โดยการนี้นำเสนอด้วยความตั้งใจที่จักใช้ประกอบทำความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ของการเกิดฟ้าผ่าภายในให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยต้นสายของความคิดนี้ได้รับแนวคิดและแรงบันดาลใจมาจากอาจารย์ผู้อาวุโสที่สอนวิชาทางวิศวกรรมท่านหนึ่ง ผมต้องขอแสดงความขอบพระคุณอาจารย์ท่านนี้ซึ่งเป็นต้นความคิดที่จักทำให้ง่ายต่อความเข้าถึงและเข้าใจในการณ์นี้หากจักมีสิ่งใดเห็นเป็นสิ่งที่ทำให้ไม่เข้าใจแล้วไซร้ขอได้ตำหนิมายังผู้เขียนที่ยังไม่สามารถถ่ายทอดความคิดความเข้าใจให้ถ่องแท้ได้อย่างหมดจดด้วยภาษาหนังสือเหมือนดังที่ท่านอาจารย์ท่านนั้นได้ถ่ายทอดผู้เขียนมาให้ครับ

การเรียนรู้ครั้งนี้จักแบ่งเป็นเนื้อหา 2 ส่วนคือ 1) การเข้าถึงพื้นที่ของสถานพยาบาลส่วนต่างๆ 2) เปรียบเทียบการเข้าถึงแต่ละพื้นที่มาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างระบบฟ้าผ่าภายใน ขอเชิญผู้อ่านร่วมเดินไปกับการเรียนรู้พร้อมๆ กันต่อไป

การเข้าถึงพื้นที่ของสถานพยาบาลส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 1 จักเห็นว่า เมื่อเรามีความต้องการจักเข้าไปในพื้นที่ของสถานพยาบาลดังรูป จักต้องผ่านเขตที่แบ่งพื้นที่ภายนอกและภายในออกจากกันโดยเด็ดขาดมีการแบ่งเขตหลักด้วย *"ประตูทางเข้าหลัก (ไม่มีชื่อ)"* ที่ทำหน้าที่กั้นพื้นที่ภายนอกที่เรียกชื่อว่า ***"พื้นที่ A1"*** และภายในที่เรียกว่า ***"พื้นที่ A2"*** มีผู้เฝ้าคอยระวังภัยที่จักเล็ดลอดเข้ามาคือ *"ยามในป้อมยาม R1"*

เมื่อผ่านเข้ามาถึงพื้นที่ A2 แล้วหากขับรถเข้ามาก็ได้รับอนุญาตให้จอด (เมื่อที่จอดรถต้องว่างด้วยนะ) หากไม่มีรถ ฤจอดรถเรียบร้อยแล้วเดินมายังอาคารก็จักมีการแบ่งเขตเข้าอาคาร *"ประตู D1"* ทำหน้าที่กั้นการผ่านจากภายนอกอาคาร แต่อยู่ในพื้นที่ควบคุมของสถานพยาบาลแล้ว มายังภายในอาคารที่เป็นพื้นที่ที่เรียกว่า ***"พื้นที่ A3"*** การใช้งานพื้นที่เป็นส่วนของห้องที่เรียกว่า *"เวชระเบียน R2"* ทำหน้าที่เกี่ยวกับการขึ้นทะเบียนคนไข้ใหม่ ฤคันประวัติคนไข้เก่าที่เคยได้รับการรักษา และเพื่อประโยชน์ในการรักษาต่อเนื่องด้วย ทำให้ทุกคน ฤทุกเหตุการณ์ไม่สามารถข้ามห้องนี้ไปได้ (กรณีศึกษานี้ เราไม่รวมกรณีที่เป็นเหตุการณ์ฉุกเฉินซึ่งต้องการการรักษาเป็นลำดับความสำคัญความฉุกเฉิน)

เมื่อผ่านการทำงานในห้องเวชระเบียนแล้ว เราจักถูกส่งไปยังห้องตรวจที่ลึกเข้าไปในอาคารอีกระดับหนึ่ง ผ่านการแบ่งเขตเข้าพื้นที่ด้วย *"ประตู D2"* ทำหน้าที่กั้นการผ่านมาจากพื้นที่ทำกิจกรรมเกี่ยวกับบัตรของแผนกเวชระเบียนมายังห้องตรวจคนไข้นอกที่เรียกว่า ***"ห้องตรวจ R3"*** ที่เป็นพื้นที่ที่เรียกว่า ***"พื้นที่ A4"***

ในกรณีที่การเจ็บป่วยไม่มากกลับบ้านรักษาตัว พักฟื้นที่บ้านได้ หมอก็อาจสั่งยากิน ยาตม ยาอม จนถึงยาฉีด แล้วให้กลับบ้านได้ กรณีนี้ไม่ใช้กรณีที่เราสนใจศึกษาในเชิงเปรียบเทียบ แต่กรณีที่เรากำลังศึกษาอยู่นี้เป็นกรณีที่เป็นคนไข้หนักที่ต้องการรักษาติดตามอาการอย่างใกล้ชิดต่อเนื่อง ดังนั้นหมอจึงสั่งให้ต้องพักค้างเป็นคนไข้ใน บ้างต้องเข้าผ่าตัดใน ***"ห้องผ่าตัด R5"*** เมื่อผ่าตัดแล้วมารอติดตามอาการหลังผ่าตัดใน ***"ห้องพักฟื้นคนไข้ผ่าตัด R4"*** ภายหลังคนไข้ผ่านช่วงวิกฤตหลังผ่าตัดแล้ว ก็จักย้ายคนไข้ไปรักษาต่อเนื่อง ติดตามอาการใน ***"ห้องพักคนไข้ใน R6"*** การเข้ามาในพื้นที่ของคนไข้ในได้ จักต้องผ่านเขตควบคุมที่ *"ประตู D3"* เพื่อเข้ามายังพื้นที่ที่เรียกว่า ***"พื้นที่ A5"*** แล้วในการเข้าไปในแต่ละห้องของคนไข้ในทั้งหมดจักมีการกั้นเขตพื้นที่ออกจากต่อส่วนด้วย *"ประตู D4"* กั้นเขตพื้นที่เข้า ***"ห้องพักฟื้นคนไข้ผ่าตัด R4"*** ***"ห้องผ่าตัด R5"*** ***"ห้องพักคนไข้ R6"*** ออกจากกันแต่ละห้อง ซึ่งรองมาจาก ***"พื้นที่ A5"*** อีกทีหนึ่ง

เปรียบเทียบการเข้าถึงแต่ละพื้นที่มาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน

เมื่อเข้าใจการเข้าสู่แต่ละพื้นที่และการกันต่างๆ เห็นทีจักถึงเวลาที่ท่านผู้อ่านจักต้องจินตนาการว่า คนใช้ที่เราเห็นการเข้ารับการรักษาต่างๆ เราขอจินตนาการว่า คนใช้เป็นกระแสฟ้าผ่าส่วนของครึ่งหลังที่เป็นกระแสของฟ้าผ่าภายใน เริ่มต้นด้วยการที่โรงพยาบาลจัดให้มีรั้วรอบขอบชิด มีเจ้าหน้าที่ดูแลความปลอดภัย (รปภ.) จากรูปที่ 1 คือ *"ป้อมยาม R1"* ไม่ยอมให้ใครผู้ใดที่มิได้มีเจตนาเข้ามาเพื่อเกี่ยวข้องกับกระบวนการรักษาเข้ามาในเขตสถานพยาบาล การมีรั้วรอบสถานพยาบาลก็ดี การมี รปภ. ก็ดี เปรียบเทียบได้กับการที่อาคารมีระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก ที่ภายนอกอาคารทั้งหมดเรียกพื้นที่นี้ว่า *"พื้นที่ฟ้าผ่าที่ 0"* หรือ *"LPZ 0"* การมีระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก ทำให้เกิดการแบ่งพื้นที่เป็นสองพื้นที่ฟ้าผ่า พื้นที่ที่อยู่ภายนอกพื้นที่ป้องกันของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก (ไม่มีระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก) จักเรียกว่า *"พื้นที่ฟ้าผ่าที่ 0a"* หรือ *"LPZ 0a"* จากรูปที่ 1 คือ *"พื้นที่ A1"* ส่วนพื้นที่ที่อยู่ในพื้นที่ป้องกันของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก (มีระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก) จักเรียกว่า *"พื้นที่ฟ้าผ่าที่ 0b"* หรือ *"LPZ 0b"* จากรูปที่ 1 คือ *"พื้นที่ A2"* การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จจะต้องรองรับกระแสฟ้าผ่าที่ไม่มีการต้านทานของอากาศและตัวนำไฟฟ้าใดๆ เลย รูปการเปลี่ยนแปลงกระแสขาขึ้นเริ่มที่ 10% จนถึง 90% ใน 10 ไมโครวินาที แล้วตกลงมาเหลือ 50% ในเวลา 350 ไมโครวินาที มีชื่อเรียกรูปคลื่นนี้ว่า 10/350 ไมโครวินาที กระแสรูปคลื่นนี้เกิดขึ้นได้จากฟ้าผ่าโดยตรงมาที่ระบบป้องกันฟ้าผ่า การเลือกอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จจึงเลือกเป็นชั้นที่ 1 (class I) ทำหน้าที่ป้องกันเสิร์จชนิด 10/350 ไมโครวินาทีผ่านไปยังพื้นที่ถัดไป ในที่นี้คือพื้นที่ A3 ในความเป็นจริงอาจเกิดฟ้าผ่าอ้อมได้เช่นกันเช่นฟ้าผ่าที่เกิดจากการที่พื้นดิน ที่ต้นไม้ ในพื้นที่ใกล้เคียงกับอาคาร ดังนั้นในพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 0b ก็มีโอกาสที่จักมีกระแสฟ้าผ่าประเภทนี้ รูปแบบของคลื่นเหมือนกับแบบฟ้าผ่าตรง แต่ขนาดแตกต่างกันมีชื่อเรียกรูปคลื่นนี้ว่า 8/20 ไมโครวินาที การเลือกอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จจึงเลือกเป็นชั้นที่ 2 (class II) ทำหน้าที่ป้องกันเสิร์จชนิด 8/20 ไมโครวินาทีผ่านไปยังพื้นที่ถัดไป ในที่นี้คือพื้นที่ A3

กระแสฟ้าผ่าจักเข้าอาคารผ่านมาทางพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 0b หรือพื้นที่ A2 เข้ามายังอาคารชั้นแรก (เวชระเบียน) เราเรียกพื้นที่นี้ว่า *"พื้นที่ฟ้าผ่าที่ 1"* หรือ *"LPZ 1"* เราต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จเทียบเท่ากับการเข้ามาของคนใช้มายังพื้นที่ A3 โดยติดตั้งที่ประตู D1 เพื่อป้องกันทั้งรูปคลื่นที่เป็น 10/350 และ 8/20 ไมโครวินาที นั่นหมายความว่า ต้องติดตั้ง SPD ทั้ง class I และ class II กันเลยทีเดียว แต่สำหรับในบางพื้นที่ที่ไม่มีโอกาสเกิดฟ้าผ่าโดยอ้อม และกรณีที่สายไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงสั้นมาก เช่น การติดตั้งหม้อแปลงในอาคาร และมีตู้เมนแรงต่ำติดตั้งอยู่ติดกับหม้อแปลงเลย ก็สามารถเลือกติดตั้งเฉพาะ SPD class I อย่างเดียวก็ได้

เมื่อผ่านเลยพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 1 หรือพื้นที่ A3 เข้าลึกมายังชั้นถัดไปซึ่งในที่นี้คือ พื้นที่ห้องตรวจ หรือพื้นที่ A4 เราเรียกพื้นที่นี้ว่า *"พื้นที่ฟ้าผ่าที่ 2"* หรือ *"LPZ 2"* ในพื้นที่นี้จักไม่มีกระแสฟ้าผ่าที่เป็น 10/350 ไมโครวินาทีแล้ว ดังนั้นเราจักติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จเพียงป้องกันเฉพาะรูปคลื่นที่เป็น 8/20 ไมโครวินาทีมายังห้องตรวจหรือพื้นที่ A4 โดยติดตั้งที่ประตู D2 หรือเขตที่แบ่งกั้นระหว่างพื้นที่ A3 กับ A4 หรือระหว่างพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 1 และพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 2 เพื่อป้องกันเฉพาะรูปคลื่นที่เป็น 8/20 ไมโครวินาที นั่นหมายความว่า ต้องติดตั้ง SPD ทั้ง class II เท่านั้น

แม้นว่าเมื่อผ่านเลยพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 2 หรือพื้นที่ A4 มาแล้ว กระแสฟ้าผ่าจักเข้าลึกมายังชั้นถัดไปซึ่งในที่นี้คือ พื้นที่คนใช้ใน หรือพื้นที่ A5 เราเรียกพื้นที่นี้ว่า *"พื้นที่ฟ้าผ่าที่ 3"* หรือ *"LPZ 3"* ในพื้นที่นี้จักมีแรงดันฟ้าผ่าที่เป็น 1.2/50 ไมโครวินาทีเพิ่มเติมเข้ามาในระบบเนื่องจากการต้านทานการไหลของกระแสฟ้าผ่าในระบบจ่ายไฟฟ้า หรืออาจอธิบายด้วยคุณสมบัติของความเป็นคุณสมบัติของขดลวดหรือ inductive parameter ดังนั้นเราจักติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จเพื่อป้องกันทั้งรูปคลื่นที่เป็น 8/20 และ 1.2/50 ไมโครวินาทีมายังห้องคนใช้ในหรือพื้นที่ A5 โดยติดตั้งที่ประตู D3 หรือเขตที่แบ่งกั้นระหว่างพื้นที่ A4 กับ A5 หรือระหว่างพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 2 และพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 3 เพื่อป้องกันทั้งรูปคลื่นที่เป็น 8/20 และ 1.2/50 ไมโครวินาที นั่นหมายความว่า ต้องติดตั้ง SPD ทั้ง class II และ class III

เมื่อพิจารณาภายในพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 3 หรือพื้นที่ A5 (พื้นที่คนใช้ใน) ที่ผ่านการป้องกันที่เขตพื้นที่ที่ D3 ทำให้ภายในพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 3 หรือพื้นที่ A5 จักมีเฉพาะแรงดันฟ้าผ่าที่เป็น 1.2/50 ไมโครวินาทีอยู่ในระบบ ดังนั้นเราจักติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จเพื่อป้องกันเฉพาะรูปคลื่นที่เป็น 1.2/50 ไมโครวินาทีเท่านั้น ดังนั้นแต่ละห้องภายในพื้นที่ฟ้าผ่าที่ 3 จึงมีความต้องการที่จักติดตั้ง SPD เฉพาะที่เป็น class III เท่านั้นเพื่อป้องกันทั้งรูปคลื่น 1.2/50 ไมโครวินาที

มาถึงบรรทัดนี้ผู้อ่านน่าจักพอเข้าใจเบื้องต้นของค่าจำกัดความสำหรับพื้นที่ฟ้าผ่า เขตพื้นที่ที่จักติดตั้ง SPD เพื่อป้องกันพื้นที่ฟ้าผ่าแต่ละพื้นที่ โดยสิ่งที่ยังขาดอยู่คือตัวแปรต่างๆ ที่จักเลือก SPD ไม่ว่าจักเป็นเรื่องเกี่ยวกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Vc) ค่าแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะ (Vt) ค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อป้องกันอุปกรณ์ (Vp) โดยมีค่าแรงดันที่เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถทนแรงดันได้ (Vw) เท่าจำได้ว่าได้เคยเขียนเล่าให้ได้อ่านแล้วจากงานเขียนก่อนหน้านี้ ทั้งนี้ต้องรบกวนท่านผู้อ่านที่ลนใจลองกลับไปค้นเรื่องเดิมๆ ที่ผ่านมา ผู้เขียนหวังว่าทุกท่านที่ได้อ่านคงจักสนุก ได้ความรู้ความเข้าใจ หากมีคำถามใดสอบถามได้นะในกลุ่ม temca magazine fanclub ยินดีตอบทุกคำถามที่พอตอบได้ แล้วพบกันอีกในฉบับต่อๆ ไปครับ...

ส่งเสริมผู้เขียน

นายสุวิทย์ ภรีลอ

วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ

การศึกษา ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางแสน

ประสบการณ์ ทำงานกว่า 29 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง