

อันตรายของอาร์คไฟฟ้า Hazards of Electric Arc

ธนากร น้ำหอมจันทร์¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ อันตรายของอาร์คไฟฟ้า โดยอาร์คไฟฟ้าสามารถทำอันตรายต่อร่างกายได้แม้มิได้สัมผัสกับส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เนื่องจากอาร์คเป็นการเบรกดาวน์ผ่านก๊าซ หรือผ่านอากาศ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ เกิดแรงดันเกิน อากาศรอบตัวนำมีอุณหภูมิสูง และหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าแยกออกจากกันในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าปริมาณมากไหลผ่าน โดยอาร์คอาจทำให้เกิดระเบิดได้อีกด้วย ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้อย่างมาก ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความบาดเจ็บที่ได้รับจากอาร์คไฟฟ้าได้แก่ ระยะห่าง อุณหภูมิ เวลา ความยาวอาร์ค พื้นที่หน้าตัดของส่วนของร่างกายที่กระทบกับลำอาร์ค และมุมตกกระทบลำอาร์ค การบาดเจ็บจากพลังงานอาร์คเกิดจากพลังงานอาร์ค 3 รูปแบบ ดังนี้ พลังงานแสง พลังงานความร้อน และพลังงานทางกล เมื่อได้รับอันตรายจากอาร์คไฟฟ้าจะเกิดผลกระทบต่อร่างกายในหลายส่วน ดังนี้ ผิวหนัง ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ หัวใจ และระบบทางเดินหายใจ ซึ่งผลกระทบดังกล่าวสามารถทำให้ผู้ได้รับอันตรายรู้สึกช็อก เจ็บปวดเพียงเล็กน้อย หรืออาจจะรุนแรงไปจนถึงแก่ชีวิต เพื่อให้การปฏิบัติงานใกล้ส่วนที่มีไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงานใกล้กับไฟฟ้าควรเข้าใจถึงสาเหตุการเกิดอาร์ค ผลกระทบจากอาร์ค และควรให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในงานไฟฟ้า รวมไปถึงอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ และกลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้สามารถปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: อาร์คไฟฟ้า

Abstract

This paper presents hazards of electric arc. The electric arc can be harmful even when not exposed to the electric current. The electric arc is breakdown through the gas or the air. The electric arc occurs when; overload voltage, high temperature air around conductors and the electrical contact separated from each other in the presence of large amounts of electrical current. The arc can also cause

¹อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

explosions. This will cause significant body injuries. Factors affecting the level of injuries received from the electric arc, including distance, temperature, time, arc length, cross-sectional area of body exposed to the arc and angle of incidence of arc energy. Injuries caused by arc energy are three types; light energy, heat energy and mechanical energy. The danger of electric arc will affect many parts of the body; skin, nervous system, muscular system, the heart and the pulmonary system. The effects of arc energy can cause injury which could be a little pain or death. For safety, electrical workers should understand the causes of the arc when working in areas with possibility of arcs workers should pay lots of attention and use personal protective equipment in addition to strategies to prevent electrical arcs which make the work with electricity even more safe.

Keywords: electric arc

ความนำ

ไฟฟ้าเป็นพลังงานสำคัญในการดำเนินชีวิต ตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดา จวบจนเสียชีวิต หากแต่ไฟฟ้ามิได้มีเพียงประโยชน์อย่างเดียวแต่ยังอาจก่อให้เกิดอันตรายได้อีกด้วย โดยภัยจากไฟฟ้าสามารถส่งผลกระทบต่อร่างกาย ตั้งแต่บาดเจ็บเล็กน้อย ทุพพลภาพ จนอาจถึงแก่ชีวิต อันตรายที่เกิดจากไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ช็อก (shock) อาร์ค (arc) และระเบิด (blast) (Cadick, Schellpfeffer and Neitzel, 2006)

ช็อก หรือไฟฟ้าช็อต หรือไฟดูด คือ อาการที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนของร่างกาย โดยอันตรายที่ได้รับจะเกิดจากเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้านั้น ผ่านจุดสำคัญของร่างกายหรือไม่ อาจรู้สึกเพียงเล็กน้อย ส่งผลต่อกลิ้ามเนื้อ ระบบประสาท ผิวหนังเผาไหม้ จนถึงหัวใจหยุดเต้น (Cooray, Cooray, and Andrews, 2007) เมื่อเกิดช็อกไฟฟ้า จะเกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อใน 2 ลักษณะ คือ การเผาไหม้ และความเสียหายของผนังเซลล์

อาร์ค คือ การดิสชาร์จไฟฟ้าผ่านก๊าซ หรือกล่าวอีกอย่างได้ว่า อาร์ค คือ การเบรกดาวนผ่านอากาศ

โดยความรุนแรงจากอาร์คจะสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ กระแส แรงดัน และพลังงาน ขณะที่เกิดอาร์คจะมีปริมาณการไหลของกระแสไหลสูง และมีแสงจ้า แรงดันตกคร่อมอาร์คต่ำ แรงดันอาร์คจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าแตกตัวของไอออนของก๊าซ

ระเบิด เมื่อเกิดอาร์คไฟฟ้าขึ้น อากาศบริเวณโดยรอบจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้อากาศเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดความดันสูงประมาณ 100-200 ปอนด์ต่อตารางฟุต ความดันดังกล่าวสามารถทำให้เกิดการระเบิดหรือผลักดันวัสดุโดยรอบได้ ระเบิดไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้ โดยมากเกิดจากอาร์ค และในการอาร์คแต่ละครั้งก็ไม่จำเป็นต้องเกิดการระเบิดเสมอไป แต่เมื่อเกิดการระเบิดแล้ว นั้นหมายถึงผู้ได้รับอันตรายอาจถึงแก่ชีวิตได้

การช็อกจะเกิดเมื่อร่างกายสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้า อาร์คอาจก่อให้เกิดอันตรายแม้ไม่ได้สัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้า เนื่องจากอาร์คเป็นการดิสชาร์จผ่านอากาศ ส่วนระเบิดเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดตามมาจากอาร์ค การหลีกเลี่ยงอันตรายจากช็อกทำได้ โดยหลีกเลี่ยงการสัมผัสส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า แต่สำหรับอาร์คแล้ว แม้มิได้สัมผัส

ส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าก็อาจทำให้ได้รับอันตรายแก่ร่างกายได้ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าสามารถปฏิบัติงานใกล้กับบริเวณที่มีไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัยจากอาร์ค บทความนี้นำเสนออันตรายของอาร์คไฟฟ้า เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการทำงานใกล้ส่วนที่มีไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย และกำหนดกลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากอาร์คไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อาร์ค

มาตรฐาน IEEE Std 100-2000 ได้อธิบายว่า “อาร์ค” คือ การดิสชาร์จทางไฟฟ้าผ่านก๊าซ หรือกล่าวอีกอย่างได้ว่า อาร์ค คือ การเบรกดาวน์ผ่านอากาศ โดยความรุนแรงจากอาร์คจะสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมหรือพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง คือ กระแส แรงดัน และพลังงาน ขณะที่เกิดอาร์คจะมีปริมาณการไหลของกระแสไหลสูง และมีแสงจ้า แรงดันตกคร่อมอาร์คมีน้อย แรงดันอาร์คจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าแตกตัวของไอออนของก๊าซ (IEEE Std. 100-2000)

อาร์คสามารถเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเกิดแรงดันเกิน (overvoltage) ค่าความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้า หรือค่าความเป็นฉนวนของอากาศ เนื่องจากแรงดันเล็กรหรือแรงดันทรานเซียนต์ อาจเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ แรงดันเล็กรฟ้าผ่า แรงดันเล็กรวิตชิง และแรงดันเกินชั่วคราว (สำรวจ สังข์สะอาด, 2549)

2. เมื่ออากาศรอบตัวนำมีอุณหภูมิสูง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าปริมาณมากไหลผ่าน เช่น กระแสในสายไฟเกินพิกัด จะเกิดความร้อนสูงขึ้นทำให้ฉนวนเสียหาย เป็นเหตุให้เกิดอาร์คได้

3. เมื่อหน้าสัมผัสหรือจุดต่อทางไฟฟ้าแยกออกจากกัน ในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าปริมาณมากไหลผ่าน กรณีนี้ จุดสัมผัสสุดท้ายจะเกิดความร้อนสูง และจะเกิดอาร์คขึ้น

อาร์คมีอุณหภูมิสูงมาก โดยจุดเกิดอาร์คอาจมีอุณหภูมิสูงประมาณ 50,000 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจะต่ำลงที่ระยะห่างออกไป แต่อาจสูงประมาณ 20,000 องศาเซลเซียส โดยผลของความร้อนจากอาร์คจะสัมพันธ์กับระยะห่างจากอาร์ค สภาวะแวดล้อม และพลังงานอาร์ค ผลจากอาร์คมีดังนี้ (Cadick, Schellpfeffer and Neitzel, 2006)

1. พลังงานความร้อนจากอาร์คสามารถทำให้ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้ แม้จะอยู่ในระยะห่างจากอาร์ค ซึ่งร่างกายอาจเกิดการเผาไหม้ ระดับที่ 2 คือ ความกว้างของแผลจะครอบคลุมพื้นที่ผิวหนังของร่างกายร้อยละ 20-70 ที่ระยะห่างจากอาร์ค ประมาณ 3.6 เมตร

2. อุณหภูมิของอาร์คสามารถจุดติดไฟเส้นใยผ้าทุกชนิดได้ แม้เสื้อผ้าที่ตัดเย็บจากเส้นใยทนไฟยังคงติดไฟ แม้อาร์คได้ผ่านพ้นไปแล้ว เป็นเหตุให้ผู้ประสบเหตุได้รับบาดเจ็บสาหัสจากผลของอาร์ค

พลังงานอาร์ค

พลังงานอาร์คจำแนกได้ 3 รูปแบบ คือ พลังงานแสง พลังงานความร้อน และพลังงานทางกล โดยความบาดเจ็บที่ได้รับจากพลังงานแสงและความร้อนจะจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากผลที่ได้รับมีความคล้ายคลึงกัน โดยผลจากพลังงานทางกลของอาร์ค จะจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกับการบาดเจ็บจากการระเบิดซึ่งเป็นการบาดเจ็บที่รุนแรงที่สุด ที่เกิดจากอาร์คไฟฟ้า ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความบาดเจ็บที่ได้รับจากอาร์คไฟฟ้า แสดงดังตาราง 1

ภาพตัวอย่างการทดลองผลของอาร์คไฟฟ้า แสดงดังภาพ 1 การบาดเจ็บจากพลังงานอาร์คแสดงดังตาราง 2 การระเบิดจากอาร์คไฟฟ้า แสดงดังภาพ 2 และภาพตัวอย่างการได้รับบาดเจ็บจากอาร์ค แสดงดังภาพ 3

ตาราง 1

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความบาดเจ็บที่ได้รับจากอาร์คไฟฟ้า

ปัจจัย	ระดับความบาดเจ็บ
ระยะห่าง	ระดับความรุนแรงที่ได้รับ จะประมาณได้จาก ระยะห่างจากอาร์คยกกำลังสอง เช่น จะได้รับความบาดเจ็บจากอาร์คร้อยละ 25 เมื่ออยู่ห่างจากอาร์ค 2 เทา
อุณหภูมิ	ปริมาณพลังงานความร้อนที่ได้รับ จะเป็นผลต่างยกกำลัง 4 ระหว่าง อุณหภูมิของอาร์คและอุณหภูมิของร่างกาย ($T_a^4 - T_b^4$)
เวลา	อัตราส่วนพลังงานที่ได้รับต่อพลังงานที่ร่างกายดูดกลืน พลังงานที่ได้รับจะสัมพันธ์กับเวลาที่ได้รับความบาดเจ็บจากอาร์ค
ความยาวอาร์ค	ปริมาณพลังงานที่อาร์คจ่ายสู่ร่างกายจะอยู่ในฟังก์ชันของความยาวอาร์ค เช่น ความยาวอาร์คเท่ากับศูนย์ พลังงานที่จ่ายออกก็จะเป็นศูนย์
พื้นที่หน้าตัด	พื้นที่หน้าตัดของร่างกาย ปริมาณพลังงานอาร์คที่ร่างกายได้รับจะแปรผันตามพื้นที่หน้าตัดของร่างกายในส่วนที่ได้รับพลังงานอาร์ค
มุมตกกระทบ	พลังงานอาร์คที่ร่างกายได้รับสัมพันธ์กับฟังก์ชันไซน์ของมุมตกกระทบอาร์ค ดังนั้น พลังงานอาร์คจะสูงที่สุด ที่มุม 90°



(a)



(b)



(c)



(d)

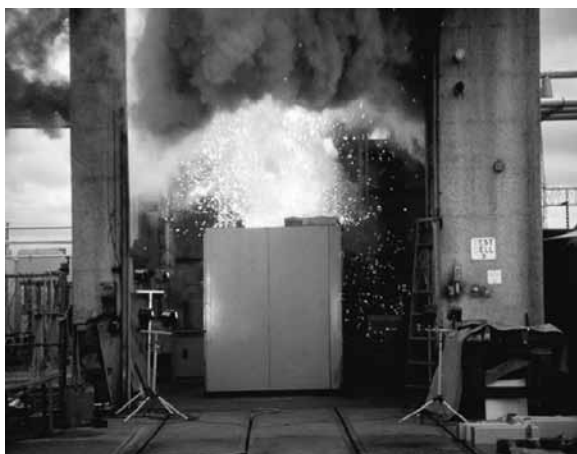
ภาพ 1 การทดลองผลของอาร์คไฟฟ้า

Note. from "Arc flash hazards." (n.d.). Retrieved from <http://www.lwfrench.com>.

ตาราง 2

การบาดเจ็บจากอาร์คไฟฟ้า

รูปแบบพลังงาน	การบาดเจ็บ
พลังงานแสง	เกิดการบาดเจ็บที่ดวงตา อาจเกิดการเผาไหม้ถ้าได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในขนาดและระยะเวลามากพอ
พลังงานความร้อน	เกิดแผลไหม้อย่างรุนแรง ที่เกิดจากการแผ่และ/หรือการสัมผัสกับวัตถุที่มีอุณหภูมิสูง
พลังงานทางกล	เกิดการกระแทกจากวัตถุที่ได้รับแรงดันจากการระเบิด



(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพ 2 การระเบิดจากอาร์คไฟฟ้า

Note. from “Arc flash hazards.” (n.d.). Retrieved from http://www.csao.org/t.tools/t17.onlinelearning/ArcFlash060509/ArcFlash_PBRHJG_WMV_060509.ppt.



(a)



(b)

ภาพ 3 การได้รับบาดเจ็บจากอาร์ค

Note. from “*High voltage electrical injuries*” (n.d.). Retrieved from http://www.medbc.com/meditline/review/acta/vol_48/num_4/text/vol48n4p119.asp.

ผลที่เกิดขึ้นต่อร่างกาย

เมื่อได้รับอันตรายจากไฟฟ้าจะเกิดผลกระทบต่อร่างกายในหลายส่วน ดังนี้ ผิวหนัง ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ หัวใจ และระบบทางเดินหายใจ

1. ผลต่อผิวหนัง

เมื่อเปรียบร่างกายมนุษย์เป็นตัวนำไฟฟ้า ผิวหนังก็เปรียบเสมือนค่าความต้านทาน ที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย ค่าความต้านทานของผิวหนังจะมีปัจจัยหลายอย่างกำหนด เช่น ความหนาของผิวหนัง ความชื้นจากเหงื่อ เป็นต้น หากแต่ค่าความต้านทานของผิวหนัง

ไม่สามารถต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าจากภายนอกได้ เมื่อเกิดการไหลของกระแสในร่างกายผ่านผิวหนัง ความรุนแรงที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับระดับแรงดัน ปริมาณกระแส และระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อผิวหนัง คือ จะเกิดการเผาไหม้ จากสาเหตุดังนี้

1.1 การเผาไหม้เมื่อสัมผัสกับไฟฟ้า ผิวหนังจะได้รับความร้อน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

1.2 การเผาไหม้ เกิดจากพลังงานไฟฟ้าประมาณได้จาก $P = I^2R$ โดยการเผาไหม้จะเกิดจากภายในสู่ภายนอก การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นในระดับที่ 3

1.3 การเผาไหม้เนื่องจากการแผ่พลังงานความร้อนจากอาร์คไฟฟ้า

1.4 การเผาไหม้เนื่องจากสัมผัสวัสดุที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากเกิดอาร์คในบริเวณใกล้เคียง

2. ผลต่อระบบประสาท

เมื่อได้รับอันตรายจากไฟฟ้า ระบบประสาทจะเกิดความเสียหาย ทั้งระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาทส่วนนอก เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะส่งผลกระทบต่อระบบประสาท ดังนี้

2.1 เกิดความเจ็บปวด โดยระบบประสาทจะส่งสัญญาณการได้รับบาดเจ็บไปสู่อวัยวะที่สัมผัสกับไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้รู้สึกถึงช็อก หรือเกิดการกระตุกขึ้น

2.2 เกิดการสูญเสียการควบคุมของระบบประสาท เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจากภายนอกกรบกรวนสัญญาณไฟฟ้าที่ระบบประสาทส่งสัญญาณสื่อสารกับอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ทำให้สมองสูญเสียการควบคุมชั่วขณะ

2.3 ระบบประสาทอาจได้รับความเสียหายอย่างถาวร เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเป็นระยะเวลานานและมีปริมาณมากพอ ซึ่งจะเป็นผลจากเซลล์ประสาทถูกทำลายเนื่องจากกระแสไฟฟ้า

3. ผลต่อระบบกล้ามเนื้อ

เมื่อได้รับอันตรายจากช็อคไฟฟ้า จะส่งผลกระทบต่อระบบกล้ามเนื้อได้ ดังนี้

3.1 ปฏิกริยารีเฟล็กซ์ (reflex action) คือ ปฏิกริยาตอบสนองของร่างกายต่อสิ่งกระตุ้นแบบทันทีทันใด โดยกล้ามเนื้อจะเกิดการหดตัวจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า ซึ่งแรงกระตุ้นนี้ถูกส่งมาจากระบบประสาท เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลจากภายนอก จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำผ่านทางกล้ามเนื้อ สามารถทำให้กล้ามเนื้อหดตัวหรือกระตุกได้ (myfirstbrain, n.d.)

3.2 อัมพาตไฟฟ้า (Electrical paralysis) ขนาดกระแสไฟฟ้าที่มากกว่า 10 มิลลิแอมป์ อาจส่งผลกระทบต่อเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อได้ ดังนั้น เมื่อผู้ได้รับบาดเจ็บจากไฟฟ้าเกิดกระแสไหลผ่านร่างกาย จะไม่สามารถควบคุมกล้ามเนื้อได้

3.3 ระบบกล้ามเนื้อได้รับความเสียหายอย่างถาวร หากขนาดของกระแสสูงพอ อาจเผาไหม้เซลล์กล้ามเนื้อ แม้แต่กระแสที่มีขนาดต่ำกว่า 5 แอมป์ยังสามารถทำลายเนื้อเยื่อผู้ได้รับบาดเจ็บได้ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในเวลาที่ยาวนานพอ

4. ผลต่อหัวใจ

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหัวใจ จะส่งผลกระทบต่อหัวใจได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

4.1 ช็อค กระแสไฟฟ้าจากภายนอกจะรบกวน

ระบบไฟฟ้าของหัวใจ ส่งผลให้จังหวะการเต้นของหัวใจผิดปกติ ในกรณีที่กระแสไหลผ่านในระยะเวลาและขนาดที่มากพอ อาจส่งผลให้หัวใจหยุดเต้น ซึ่งผู้ได้รับบาดเจ็บจะช็อคและอาจจะเสียชีวิตได้

4.2 การเผาไหม้ เช่นเดียวกับระบบที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในกรณีที่กระแสสูงกว่า 5 แอมป์ ไหลผ่านหัวใจ อาจเกิดการเผาไหม้หัวใจได้

5. ผลต่อระบบทางเดินหายใจ

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลำตัว จะสามารถทำลายระบบประสาทที่ควบคุมการหายใจ เมื่อระบบประสาทส่วนนี้หยุดการทำงานจะเกิดความผิดปกติของการหายใจ ในกรณีที่กระแสสูงพอจะทำให้ปอดเกิดการอัมพาต และอาจจะเสียชีวิตได้

กลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

เพื่อให้การใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าและปฏิบัติงานกับไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย ควรจัดประเภทของกลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและกลยุทธ์การป้องกัน แสดงดังตาราง 3 ภาพตัวอย่างอุปกรณ์ เครื่องมือ ชุดทบทวนไฟเพื่อความปลอดภัยจากการปฏิบัติงานกับไฟฟ้า แสดงดังภาพ 4

ตาราง 3

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและกลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

อันตราย	อุปกรณ์ป้องกัน	กลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า
อาร์ค	- สวมชุดทบทวนไฟ - สวมชุดที่เหมาะสมเมื่อปฏิบัติงานในสถานที่เสี่ยงต่อการเกิดอาร์ค - ใช้ข้อทดสอบเพื่อเพิ่มระยะห่างจากไฟฟ้า - สวมอุปกรณ์ป้องกันดวงตา - สวมถุงมือฉนวนไฟฟ้า	- ปลดแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าทั้งหมดในพื้นที่ปฏิบัติงาน - ปฏิบัติตามขั้นตอน lockout/tagout - รักษาระยะห่างที่ปลอดภัยจากแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า - ใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยทั้งหมดที่ระบุไว้
ระเบิด	- สวมชุดทบทวนไฟ - สวมชุดที่เหมาะสมเมื่อปฏิบัติงานในสถานที่เสี่ยงต่อการเกิดอาร์ค - สวมอุปกรณ์ป้องกันใบหน้า	- ปฏิบัติตามขั้นตอนและข้อกำหนดความปลอดภัย - ตรวจสอบอุปกรณ์ทั้งหมดก่อนจะติดตั้ง รวมถึงเครื่องมือ อุปกรณ์ทดสอบ และอุปกรณ์ความปลอดภัย - ต้องแน่ใจว่าอุปกรณ์ที่ไม่ใช่แหล่งกำเนิดพลังงานต่อลงกราวด์อย่างถูกต้อง - ออกแบบหรือปรับปรุงระบบเพื่อความปลอดภัย

บทสรุป

อันตรายจากไฟฟ้าจำแนกได้ 3 ลักษณะ ดังนี้ ช็อก อาร์ค และระเบิด สาเหตุที่บทความนี้ให้ความสำคัญกับอาร์ค เนื่องจาก ช็อก หรือไฟฟ้าช็อต หรือไฟฟ้าดูด จะทำอันตรายต่อร่างกายได้ ก็ต่อเมื่อมีการสัมผัสกับส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน แต่อาร์คนั้น สามารถทำอันตรายต่อร่างกายได้แม้ไม่สัมผัสกับส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ทั้งนี้ เนื่องจากอาร์คเป็นการเบรกดาวน์ผ่านก๊าซ หรือผ่านอากาศ ซึ่งอาร์คจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดแรงดันเกิน อากาศรอบตัวนำมีอุณหภูมิสูง และหน้าสัมผัสหรือจุดต่อทางไฟฟ้าแยกออกจากกันในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าปริมาณมาก ไหลผ่าน โดยอาร์คอาจทำให้เกิดระเบิดได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้อย่างมาก

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความบาดเจ็บที่ได้รับจากอาร์คไฟฟ้าได้แก่ ระยะห่าง อุณหภูมิ เวลา ความยาวอาร์ค พื้นที่หน้าตัดของส่วนของร่างกายที่กระทบกับลำอาร์ค และมุมตกกระทบลำอาร์ค การบาดเจ็บจากพลังงานอาร์คเกิดจากพลังงานอาร์ค 3 รูปแบบ ดังนี้ พลังงานแสง พลังงานความร้อน และพลังงานทางกล เมื่อได้รับอันตรายจากอาร์คไฟฟ้าจะเกิดผลกระทบต่อร่างกายในหลายส่วน ดังนี้ ผิวหนัง ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ หัวใจ และระบบทางเดินหายใจ ซึ่งผลกระทบดังกล่าว สามารถทำให้ผู้ได้รับอันตรายรู้สึกช็อก เจ็บปวดเพียงเล็กน้อย หรืออาจจะรุนแรงไปจนถึงแก่ชีวิต



(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพ 4 อุปกรณ์ เครื่องมือ ชุดทนเปลวไฟเพื่อความปลอดภัยจากไฟฟ้า

Note. from “Arc flash hazards.” (n.d.). Retrieved from http://www.csao.org/t.tools/t17.onlinelearning/ArcFlash060509/ArcFlash_PBRHJG_WMV_060509.ppt. and “Implementing NFPA 70E Electrical Safety Standards.” (n.d.). Retrieved from <http://www.isrisafety.org/assets/files/presentations/70E%20ELECTRICAL%20SAFETY.ppt>.

เพื่อให้การปฏิบัติงานใกล้ส่วนที่มีไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงานใกล้กับไฟฟ้าควรเข้าใจถึงสาเหตุการเกิดอาร์ค ผลกระทบจากอาร์ค และควรให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในงานไฟฟ้า เช่น ถุงมือฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันดวงตา ใบหน้า ชุดทนเปลวไฟ รวมไปถึงอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ เช่น คีมไขควง ที่มีฉนวนไฟฟ้าหุ้มโลหะบริเวณที่ร่างกายสัมผัส สอดคล้องสำหรับเพิ่มระยะห่างระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้ากับ

ผู้ปฏิบัติงาน และกลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้างั้นเสนอไว้ข้างต้น ทั้งนี้การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันและกลยุทธ์จะต้องสัมพันธ์กับระดับแรงดันของไฟฟ้าที่จะเข้าไปปฏิบัติงาน รวมถึงพิจารณาถึงระดับความรุนแรงที่อาจจะเกิดอันตรายขึ้น เพื่อที่จะพิจารณาเลือกใช้ระดับการป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันและกลยุทธ์การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- สำราญ สังข์สะอาด. (2549). *วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Cadick, J., Schellpfeffer, M. C. & Neitzel, D. K. (2006). *Electrical safety handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill/TAB Electronics.
- COOPER Bussman. (2012) *Arc Flash Hazards*, ค้นจาก: www.lwfrench.com.
- Construction Safety Association of Ontario, *ARC FLASH HAZARDS*, Retrieved from http://www.csao.org/t.tools/t17.onlinelearning/ArcFlash060509/ArcFlash_PBRHJG_WMV_060509.ppt.
- Cooray, V., Cooray, C. & Andrews, C. J. (2007). Lightning caused injuries in humans. *Journal of Electrostatics*, 65, 386-394.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2000). *The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms*. (seventh edition). IEEE Std. 100-2000. USA, New York.
- Implementing NFPA (7th. ed.) OE Electrical Safety Standards*. (2012). Retrieved from <http://www.isrisafety.org/assets/files/presentations/70E%20ELECTRICAL%20SAFETY.ppt>.
- Kaloudova, Y., Sin, P., Rihova, H., Brychta, P., Suchanek I., & Martincova, A. (2006). *High voltage electrical injuries*. Retrieved from http://www.medbc.com/meditline/review/acta/vol_48/num_4/text/vol48n4p119.asp.
- Myfirstbrain. (2012) *คำศัพท์ชีววิทยา reflex action*. Retrieved from https://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=35746.